



PROF. DRA NAPOLEONA CYBULSKIEGO

FIZYOLOGIA CZŁOWIEKA.

WYDANIE DRUGIE

UZUPEŁNIONE.

612.
TOM II.

CZĘŚĆ III i IV.

TREŚĆ: WYDALINY. — CHARAKTER SPRAW CHEMICZNYCH: STATYKA I DYNAMIKA. — ZMYŚŁY. — SZCZEGÓŁOWA FIZYOLOGIA UKŁADU NERWOWEGO CENTRALNEGO. — FIZYOLOGIA ROZMNAŻANIA SIĘ I ROZWOJU.

 Cena 7 koron. 

GŁÓWNY SKŁAD W KSIĘGARNI S. A. KRZYZANOWSKIEGO W KRAKOWIE.

KRAKÓW.
NAKŁADEM AUTORA.
1905.

Treść tomu II.

	<i>Str.</i>
Rozdział VIII. Wydaliny. Uwagi ogólne	541
a) Mocz. I fizyczne własności moczu	542
Sposób oznaczania ciężaru gatunkowego	546
II Skład chemiczny moczu	546
Mocznik	547
Sposoby ilościowego oznaczania mocznika w moczu	550
1) Metoda Liebiga	550
2) Metoda Bunsena	553
3) Metoda Knopp-Hüffnera	553
Powstawanie mocznika	553
Kwas moczowy	555
Inne substancje zawierające azot	562
Substancje niezawierające azotu	564
Kwas szczawiowy	565
Barwiki moczu	566
Węglowodany i substancje redukujące	567
Sole nieorganiczne. Fosforany	568
Siarkany	569
Magn i wapień	569
Ogólny skład moczu	570
Mechanizm powstawania moczu	571
Budowa nerek	571
Rola naczyń i nabłonka	574
Ruch moczu w moczowodzie	583
Rola układu nerwowego	584
Akt wydalania moczu na zewnątrz	584
b) Wydzielina skóry. Pot	588
Zbieranie potu	588
Skład potu	589

	<i>Str.</i>
Sposoby badania	590
Ilość strat przez skórę	591
Zależność przeziwu od układu nerwowego	592
c) Mleko	594
Budowa gruczołu mlecznego	594
Skład mleka i jego własności	596
Tłuszcz	598
Kazeina	600
Cukier mleczny	602
Siara	604
Skład mleka kobiecego	605
Pochodzenie głównych składników mleka	606
Składniki przypadkowe	607
Wpływ układu nerwowego na czynność gruczołu	608
Rozdział IX. Charakter spraw chemicznych: statyka i dynamika ustroju. Uwagi ogólne	611
Charakter spraw chemicznych w ustroju	612
Rozkład i synteza	615
Znaczenie pojedynczych składników pokarmów i ich rola w sprawie odżywiania tkanek	617
Wartość substancji pożywnych	623
Niezbędne poprawki do obliczania przychodu energii	625
Potrzeby ustroju	628
Przychód i rozchód	631
Przychód materii	631
Przychód energii	632
Wydatek energii	634
Źródła ciepła	634
Regulacja ciepła	638
Wpływy troficzne	643
Rozdział X. Zmysły. Uwagi ogólne	646
a) Zmysł wzroku. Oko	648
Anatomia oka	649
Twardówka	651
Rogówka	651
Naczyniówka	652
Ciało rzęskowe	653
Tęczówka	654

	<i>Str.</i>
Siatkówka	654
Soczewka	657
Ciało szklane	658
Fizjologia oka	660
a) Dioptryka oka	660
Wzory określające przebieg promieni światła w układzie optycznym złożonym	660
Oko jako przyrząd optyczny	674
Obszar pola widzenia	675
Załamывanie promieni światła w oku	676
Współczynniki załamывania rozmaitych środowisk oka i punkty kardynalne	676
Oznaczenie punktów kardynalnych	677
Oftalmometr	678
Kąt widzenia	684
Dokładność widzenia w oku i obrazy rozproszone	686
Akomodacya oka	688
Najdalszy i najbliższy punkt widzenia	693
Mechanizm akomodacyi	694
Akomodacya obuoczna	701
Ruch źrenicy	702
Refrakcyja	704
Niezborność czyli astygmatyzm	706
Aberracyja chromatyczna	709
Zjawiska entoptyczne	711
Oświetlenie i badanie wnętrza oka. Wziernik	716
b) Wrażenia wzrokowe	722
Wrażenia pod wpływem światła obiektywnego	725
Zmiany na siatkówce pod wpływem światła	729
Czerwień wzrokowa	729
Ruch komórek barwnikowych lub ruch barwnika	731
Prądy elektryczne	732
Warunki powstawania wrażeń świetlnych	732
Powidoki dodatnie i ujemne	736
Jakość wrażeń	738
c) Wyobrażenia wzrokowe	746
Widzenie za pomocą jednego oka	746
Podmiotowe zmiany wrażeń wzrokowych	749

	<i>Str.</i>
Powidoki	751
Kontrasty współczesne	752
Widzenie dwuoczne	756
Ruchy oczu	760
Mięśnie oczne	763
Koordynacja ruchów gałek ocznych	765
Horopter	767
Bryłowość ciał	769
Stereoskopy	772
Odżywianie i narządy ochronne oka	774
Powieki	776
Narząd łzowy oka	777
b) Zmysł słuchu. Ucho. Uwagi ogólne	778
Anatomia ucha	780
Ucho wewnętrzne	780
Budowa ślimaka	781
Narząd przewodzący głos	787
Ucho zewnętrzne	788
Błona bębenkowa	791
Jama bębenkowa	791
Przenoszenie się fal głosowych w uchu środkowym	795
Trąbka Eustachiusza	799
Powstawanie wrażeń słuchowych	800
Wrażenia słuchowe	804
Barwa dźwięku	808
Harmonia i rozdźwięk	810
Tony skombinowane	811
Szmary	812
Dźwięki podmiotowe	812
c) Powonienie	814
Budowa narządu węchowego	814
Czucie węchowe	816
Znaczenie narządu węchowego	819
d) Smak	820
Budowa narządu smakowego	820
Czucia smakowe	821
e) Czucie ogólne	824
Uwagi ogólne i klasyfikacja	824

	<i>Str.</i>
I. Dotyk	826
II. Czucie ucisku	828
III. Czucie umiejscowienia	831
Pola czuciowe i teoria czucia umiejscowienia	836
IV. Czucie temperatury	840
V. Czucie mięśniowe	844
VI. Czucie wewnętrzne	846

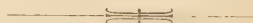
Rozdział XI. Szczegółowa fizjologia układu nerwowego centralnego.

Uwagi ogólne	849
Klasyfikacya czynności układu nerwowego centralnego	851
I. Odruchy rdzenia pacierzowego	852
II. Odruchy złożone	860
Mózdzek	867
III. Czynności psychomotoryczne i psychosensytywne	871
1) Bezpośrednie drażnienie kory mózgowej	874
2) Wycinanie pewnych okolic mózgu lub ich uszkodzenie	877
3) Wycinanie większych okolic lub całkowite półkul	885
4) Zmiany elektryczne w korze mózgowej	888
Sen	892

Rozdział XII. Fizjologia rozmnażania się i rozwoju.

A) Fizjologia rozmnażania się	896
Uwagi ogólne	896
Fizjologia narządów płciowych żeńskich	897
Bezpłciowość i pierwsze przejawy płciowości	897
Powstanie i budowa jajników	899
Jajo	900
Okresy w czynności narządów płciowych żeńskich	902
Owulacya	903
Ciała żółte	906
Miesiączkowanie	906
Narząd płciowy męzki	913
Zapłodnienie	917
Redukcyja chromosomów w jajku	917
Akt zapłodnienia	920
B) Fizjologia rozwoju	924
Podział jajka, bruzdkowanie i segmentacya	924
I. Podział całkowity, równomierny	925

	<i>Str.</i>
II. Podział całkowity, nierównomierny	927
III. Podział niecałkowity, nierównomierny	928
Tworzenie listków zarodkowych. Okres gastruli	929
Pierwsze stadya rozwoju zwierząt ssących	930
Tworzenie się trzeciego listka zarodkowego	932
Tworzenie się błon zarodkowych	939
Rozwój naczyń i krwi	942
Omocznia	947
Rozwój łożyska i błon doczesnych	950
Wymiana materii u płodu, trwanie ciąży i poród	955
Fizjologia ustroju od urodzenia aż do śmierci	961
Śmierć	965



ROZDZIAŁ VIII.

WYDALINY.

Uwagi ogólne.

Już w rozdziałach VI i VII widzieliśmy, że ustrój zwierzęcy, czerpiąc z otoczenia zapomocą pewnych narządów potrzebne dla siebie substancje, jak tlen podczas oddechania, lub ciała pożywne w pokarmach, zapomocą tych samych narządów oddaje otoczeniu ciała, które w nim powstały wskutek życia i są dla ekonomii jego zbyteczne lub szkodliwe. Do takich ciał na pierwszym miejscu musimy zaliczyć bezwodnik kwasu węglowego, który, jak widzieliśmy wyżej, ustroje oddają otoczeniu w zamian za tlen wprost z powierzchni ciała, lub zapomocą narządu oddechowego: płuc, oskrzeli i tchawek. Drugie miejsce wypada przeznaczyć dla tych substancyj, które zostają wytworzone zapomocą rozmaitych gruczołów i wprowadzone do przewodu pokarmowego, skąd po pewnym czasie są również wydalone na zewnątrz; do tej kategorii zaliczamy fermenty, kwasy żółciowe, substancje śluzowe, powstałe z komórek nabłonka przewodu pokarmowego lub gruczołów i t. p. Ciała te już nie mają dla samego ustroju żadnej, albo przynajmniej pewnej większej, wartości i wskutek tego ustrój pozbywa się ich zapomocą wymienionych narządów (przewodu pokarmowego i dróg oddechowych), jakkolwiek same narządy nie służą specjalnie do czynności wydalinowej, lecz przeciwnie spełniają inne funkcje w ustroju, będąc narządami przyswajania nowych substancyj.

W ten sposób jednakże ustrój bynajmniej nie pozbywa się wszystkich produktów, które w nim, w głębi tkanek, powstają, wskutek procesu życia. W rzeczywistości pozostaje jeszcze znaczna ilość takich, do wydalenia których ustrój musi się posługiwać osobnymi specyjal-

nymi narządami, które głównie tylko do tego jednego celu służą; natomiast wszelkie inne funkcje, które te narządy mogą jeszcze w ustroju spełniać, są tylko czynnościami ubocznymi, mającemi drugorzędne znaczenie. Narządami takimi są nerki i cała masa gruczołów potnych w skórze.

Chcąc zdać sobie sprawę ze wszystkich procesów, które w ustroju zachodzą, chcąc poznać losy, którym ulegają rozmaite substancje, wprowadzone do ustroju, i oceniać charakter tego procesu wewnętrznego, który w każdym elemencie żyjącego ustroju się odbywa, trzeba poznać nie tylko to, co ustrój z otoczenia pobiera, lecz i te wszystkie produkty, które wydaje na zewnątrz swemu otoczeniu, jako ciała, nie mające już dla niego dodatniego znaczenia. Gdy z jednej strony poznamy cały przychód ustroju i własności tych substancyj, które ten przychód stanowią, z drugiej wszystkie produkty wydalone z ustroju, wtedy będziemy mogli ocenić, przynajmniej do pewnego stopnia, charakter samych zmian i obliczyć, chociaż w przybliżeniu, ile ustrój przez te zmiany zyskuje i skąd czerpie tę energię, którą każda istota żyjąca w mniejszym lub większym stopniu posiada i otoczeniu swemu udziela. Zestawienie takie uczynimy w następnym rozdziale, obecnie zaś musimy się zastanowić nad funkcją narządów wydaliniowych, mianowicie nerek i gruczołów potnych, oraz zbadać same produkty, które w tych wydalinach znajdujemy.

a) Mocz.

I. Fizyczne własności moczu.

Mocz jest wydaliną płynną. Otrzymany w sposób naturalny z cewki moczowej u człowieka i zwierząt mięsożernych zwykle oddziaływa kwaśno, u innych alkalicznie lub obojętnie; ma ciepłotę ciała, podczas mieszania daje pianę, która jednakże prędko znika; posiada właściwą sobie aromatyczną woń; woń ta u niektórych zwierząt bywa przykrą i dla samego gatunku charakterystyczną; niekiedy jest amoniakalną.

Świeżo wypuszczony mocz jest zwykle przezroczysty, posiada małą fluorescencję; podczas stania można w nim zaraz spostrzedz lekkie obłoczki unoszące się w cieczy, które są następstwem osiadania śluzu i, jak wykazuje mikroskop, śluzowo-zwyrodnionych komórek nabłonko-

wych, oraz kryształków soli. Podczas oziębiania niekiedy powstaje obfity osad, opadający powoli na dno naczynia i złożony przeważnie z rozpuszczonych przedtem moczanów; osad taki podczas ogrzewania znika i tem różni się od osadu fosforanów wapniowych lub magnowych, który również może powstawać w pewnych przypadkach.

Alkaliczny lub obojętny mocz zwierząt trawożernych mętnieje już w chwili wydalania na zewnątrz, a zmętnienie to zależy przeważnie od węglanów niekiedy zaś szczawianów wapniowych.

Jeżeli wskutek warunków, o których wspomniemy niżej, mocz człowieka staje się także alkalicznym lub obojętnym, w takim przypadku odrazu przedstawia się mętnym; zmętnienie to zwiększa się podczas oziębiania, tworząc osad, który podczas ogrzewania nie znika.

Cieężar gatunkowy moczu ulega wielkim wahaniom; w warunkach prawidłowych wynosi on u człowieka 1.017—1.020. Jednakże po obfitem wprowadzeniu wody do przewodu pokarmowego może spaść do 1.002, zaś wobec znacznych strat wody, np. wskutek pocenia się, może dojść do 1.020, a nawet do 1.040. U noworodków ciężar gatunkowy jest bardzo mały, waha się zwykle między 1.007—1.005.

Barwa moczu o średnim ciężarze gatunkowym jest jasno żółta i zmienia się zależnie od zmiany koncentracji, mianowicie w rzadkim jest słoniasto-żółta, w zgęszczonym ciemno-czerwoną lub nawet brązowo-czerwoną.

Oddziaływanie moczu zależy wogóle od natury pokarmów. Wspomnieliśmy już wyżej, że mocz zwierząt mięsożernych oddziaływa kwaśno, trawożernych alkalicznie. Tę zależność od pokarmów stwierdza najwybitniej fakt, że jeżeli zwierzęta mięsożerne karmimy pokarmami przeważnie roślinnymi, mocz ich stopniowo staje się obojętnym, a nawet alkalicznym; i odwrotnie, u trawożernych zwierząt podczas głodzenia, kiedy życie zwierzęcia utrzymuje się wyłącznie kosztem własnych tkanek, oddziaływanie moczu staje się kwaśne. U człowieka mocz oddziaływa zwykle kwaśno.

Jeżeli oznaczymy ilość ekwiwalentów zasadowych moczu, to wogóle przeważa ona sumę ekwiwalentów kwasów nieorganicznych, z czego wypadłoby wnosić, że kwaśność moczu zależy od kwasów organicznych. Ponieważ jednak w moczu nie możemy wykazać wolnych kwasów organicznych, przeto pozostaje przypuścić, że kwaśność moczu zależy od obecności soli kwaśnych, które powstają pod wpływem działania kwasów organicznych na sole nieorganiczne obojętne. Pierwsze miejsce, co do ilości, w moczu ludzkim zajmuje fosforan kwaśny.

Na dowód, że mocz nie zawiera wolnych kwasów, można przytoczyć fakt, że w nim nie ulega rozkładowi podsiarczan sodowy.

Kwaśność moczu nie jest stałą i wyrażona w ekwiwalentach kwasu szczawiowego wynosi na dobę od 2—4 gramów, wyrażona zaś w ekwiwalentach kwasu solnego 1.15—2.3. Oprócz pokarmów na kwaśność moczu wpływają także jeszcze inne warunki; t. np. u człowieka mocz staje się alkalicznym, gdy podczas trawienia w żołądku, wytwarza się znaczna ilość kwasu solnego; w każdym razie, nawet podczas mniejszej produkcji kwasu solnego w soku żołądkowym mocz obojętnieje; zmiana ta jest jednakże tylko czasową, gdyż wkrótce, w miarę jak się odbywa wessanie z przewodu pokarmowego, mocz na nowo staje się kwaśnym. Drugim czynnikiem wpływającym na kwaśność moczu jest praca mięśni. Według Hoffmanna usilna praca mięśni zwiększa znacznie kwaśność moczu, natomiast pocenie zmniejsza ją; w ten sam sposób wpływają rozmaite obojętne sole alkaliów, np. węglan sodowy lub sole kwasów organicznych, które w ustroju przechodzą w węglany.

Kwaśność moczu jednakże, nawet wobec najbardziej sprzyjających warunków, nie przekracza pewnej granicy; w przypadkach, gdzie produkcja kwasów się zwiększa lub gdzie kwasy organiczne lub nieorganiczne wprowadzamy do ustroju razem z pokarmami lub napojami w znaczniejszej ilości, następuje zubożnienie w samym ustroju, skutkiem zwiększonej produkcji amoniaku, który prawdopodobnie powstaje jako produkt rozkładu ciał białkowych. Przemawia zatem w rzeczywistości wzrost soli amoniakalnych w moczu. Sam ustrój więc zubożnia zbyt kwasów. To przystosowanie się ustroju występuje jednakże wybitnie tylko u mięsożernych, i prawie zupełnie nie spotykamy go u trawożernych; z tego też powodu, podczas gdy wprowadzanie do ustroju pewnych ilości kwasów, nawet przez czas dłuższy, nie wywiera żadnego szkodliwego wpływu na zwierzęta mięsożerne, te same ilości u zwierząt trawożernych mogą najzupełniej zaburzyć prawidłowość rozmaitych funkcij i nawet spowodować śmierć.

Oznaczenie stopnia kwaśności moczu przedstawia pewne trudności, a to z powodu, że jak zauważyliśmy wyżej, nie mamy tu do czynienia z wolnymi kwasami, lecz z kwaśnymi solami; ponieważ w moczu obok fosforanów jednometalowych znajdują się dwumetalowe, i ponieważ samo zubożnienie polega na przeprowadzeniu jednometalowych w dwumetalowe, które na lakmus oddziałują podwójnie, więc oznaczenie końca reakcyi jest wskutek tego prawie niemożliwe.

Z tego powodu Maly i Hoffmann proponują następujący sposób: do

oznaczonej ilości moczu (100—200 cm.³) dolewamy również dokładnie oznaczoną ilość (z biurety) $\frac{1}{4}$ normalnego roztworu ługu sodowego; ilość ta musi być taką, ażeby wystarczała do przeprowadzenia wszystkich fosforanów w połączenia zasadowe, t. j. ażeby roztwór oddziaływał silnie alkalicznie; następnie do tej mieszaniny dolewamy oznaczoną ilość chlorku barowego (roztwór 142.8BaCl₂. 2H₂O na litr wody) w celu dokładnego strącenia wszystkich fosforanów. Otrzymaną ciecz sączymy i następnie w oznaczonej ilości przesączu, która powinna odpowiadać pewnej ilości początkowo wziętego moczu (50 lub 100 cm.³) zapomocą $\frac{1}{4}$ normalnego roztworu kwasu siarkowego, dolewanego aż do zubożenia, oznaczamy ilość pozostałej zasady. Wiedząc ile potrzeba tego samego roztworu kwasu siarkowego do zubożenia użytej ilości ługu sodowego, wiedząc następnie ile zużyliśmy ługu do zubożenia moczu, możemy, odcinając drugą liczbę od pierwszej, oznaczyć jaką część ługu sodowego zużyliśmy na zubożenie fosforanów kwaśnych w danej ilości moczu. Następnie kwaśność moczu możemy wyrazić w ekwiwalentach kwasu siarkowego, szczawowego, lub wprost bezwodnika kwasu fosforowego.

W ten sposób jednak oznaczamy właściwie tylko całą ilość atomów wodoru, które mogą być zastąpione metalem, w rzeczywistości zaś kwaśność każdego roztworu zależy od ilości jonów wodoru, powstałych wskutek dysocjacji, ilości tej zapomocą miareczkowania oznaczyć nie możemy. Gdybyśmy wzięli $\frac{1}{10}$ n. kw. octowy, $\frac{1}{10}$ n. kw. solny, to, zubożniając oba roztwory $\frac{1}{10}$ n. KOH (ługiem potasowym) i posługując się jako indikatorem fenolftaleiną, zużylibyśmy prawie równe ilości ługu, tymczasem w kw. octowym ilość zdysocjowanych cząstek wynosi zaledwie 1 na 100, podczas gdy w kwasie solnym mamy ich 80 razy więcej. Oczywiście więc, że i kwaśność kwasu solnego musi być tyle razy większą. Ze stanowiska teorii roztworów nie możemy się wcale zastanawiać nad tem, jaki kwas lub jaka sól powoduje kwaśne oddziaływanie moczu, albowiem to oddziaływanie zależy tylko od jonów wodoru, a te mogą pochodzić z dysocjacji najrozmaitszych substancji, zawartych w moczu. Kwaśności moczu w tem rozumieniu oznaczyć nie jesteśmy w stanie. Bugorszky usiłował wyjaśnić sprawę, oznaczając z jednej strony obniżenie punktu zamarzania moczu, z drugiej przewodzenie elektryczności, pierwsze pozwala ocenić ogólną koncentrację, t. j. ilość cząstek zdysocjowanych i nie zdysocjowanych, drugie tylko ilość zdysocjowanych, t. j. ilość jonów; otrzymane wyniki wskazują, że zdysocjowane cząsteczki zależą od skła-

dników nieorganicznych i zostają w prostym stosunku do popiołu w moczu.

Badania Hausmana wykazały, że największą kwaśność (oznaczoną zapomocą miareczkowania) mocz posiada przed obiadem, najniższą po obiedzie, pokarm mieszany działa tak samo jak mięsny, diureza zmniejsza względną i zwiększa absolutną kwaśność. Ciepłe wanny zmniejszają kwaśność, zimno zwiększa.

Sposób oznaczania ciężaru gatunkowego.

Ciężar gatunkowy moczu najdokładniej oznaczamy zapomocą piknometru. Gdy idzie o badanie ciężaru gatunkowego dla celów klinicznych, najzupełniej wystarczają zwykłe areometry lub areometry specjalne, t. z. urometry. Urometry w tym celu używane bywają podwójne: jedne służą do oznaczenia ciężaru od 1.003—1.020, drugie od 1.020—1.040. W razie, gdy ilość moczu, którą rozporządzamy, nie wystarcza do napełnienia naczynia, do którego zanurzamy urometr, możemy rozrzedzić mocz wodą przekroploną w równych objętościach, i w liczbie otrzymanej na areometrze ostatnie dwie cyfry pomnożyć przez 2. Oczywiście, że w ten sposób popełniamy pewien błąd, który jednakże dla praktycznego celu nie ma znaczenia. Również popełniamy błąd wskutek różnicy temperatury, gdyż zwykle każdy z urometrów podaje rzeczywistą liczbę tylko przy pewnej temperaturze, która niekiedy bywa podaną na urometrze. Ponieważ nie zawsze możemy skutecznie pomiar przy tej temperaturze, która jest podaną, w takim razie albo błędu nie uwzględniamy, albo możemy wprowadzić poprawkę, która w zwykłych urometrach wynosi mniej więcej jeden stopień podziałki na trzy stopnie temperatury, np. jeżeli przy temperaturze 18° znajdujemy ciężar gatunkowy moczu 1.020, urometr zaś jest wymierzony w t. + 15°, to do otrzymanej liczby 1.020 trzeba dodać 0.001, otrzymamy więc ciężar gatunkowy moczu 1.021.

II. Skład chemiczny moczu.

Ze wszystkich składowych części ustroju ludzkiego: (tkanek lub produktów wytwarzanych w ustroju), żadna z pewnością nie była przedmiotem tylu badań i żadna nie posiada tak obszernej literatury, jaką może się poszczycić mocz. Jednakże pomimo tych wszystkich poszukiwań do ostatnich czasów jeszcze ciągle bywają wykazywane rozmaite

nowe własności tej wydaliny, a nieraz i nowe składniki, o których dawniejsi badacze zupełnie nie wspominali. Przyczyna tego faktu tkwi niewątpliwie w tem, że mocz wogóle charakteryzuje się nietylko bardzo znaczną ilością swoich składników, lecz także i znaczną zmiennością ich, która pochodzi ztąd, że do moczu przechodzą nietylko substancje, wytwarzające się w samym ustroju, ale także znaczna część tych, które razem z pokarmami i napojami bywają stale lub przypadkowo do ustroju wprowadzane, których jednakże ustroj nie jest w stanie zużytkować lub zużytkowuje tylko częściowo.

Wogóle wszystkie składniki moczu można podzielić na 2 grupy, na składniki *nieorganiczne* i *organiczne*.

Do pierwszej kategorii należą przedewszystkiem woda i sole, które znajdujemy w całym ustroju, jak np. chlorki, fosforany, i siarkany potasowców, wapnia i magnu oraz węglany wszystkich tych zasad; nadto spotykamy prawie zawsze ślady żelaza, krzemienia i fluoru. Obecność innych składników nieorganicznych jest zmienna i zależy od obecności ich w napojach i pokarmach lub od umyślnego wprowadzenia ich do ustroju, np. zażywając połączenia jodu, arsenu, rtęci, można je zaraz wykazać w moczu.

Z *organicznych składników* znajdujemy: mocznik, kwas moczowy, kwas oksyproteinowy, kreatyninę, ksantynę, barwik moczowy, urobilinę i jego chromogen, allantoinę, szczawian amonowy, rozmaite połączenia siarki, szczególnie z ciałami aromatycznymi, a jako składniki przypadkowe: wyskok, eter i niektóre kwasy organiczne.

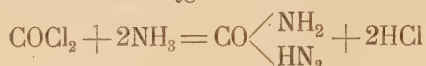
Ponieważ ze wszystkich wyliczonych substancyj tak pierwszej jako też drugiej kategorii, niewątpliwie najważniejszą jest mocznik, przeto też od niego zaczniemy rozbiór szczegółowy składników moczu.

M o c z n i k .

Jestto ciało wykryte w r. 1773 przez Rouelle'a, mające skład $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, który świadczy, jak również cały szereg prób, że ciało to jest carbamidem. Pierwszy raz w stanie czystym mocznik został otrzymany w r. 1799 przez Fourcroy i Vantelina. Następnie w r. 1828 jako jeden z składników spotykanych w ustroju pierwszy został otrzymany sztucznie przez Wöhlera z cyanku amonowego.

Widzieliśmy już wyżej, że mocznik zawiera się nietylko w moczu, lecz także w innych cieczach ustroju, jednakże ilość jego wszędzie jest

bardzo nieznaczną, i tylko w moczu wynosi około 2%, a niekiedy więcej. Ciało to możemy dziś otrzymać bardzo łatwo drogą syntetyczną, a mianowicie z tleno-chlorku węgla i amoniaku:



albo też z etylowego eteru kwasu węglowego i amoniaku.



jak również przez ogrzanie izomerycznego z nim sinianu amonowego NH_4OCN , który co do składu nie różni się niczem od mocznika $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Nadto mocznik powstaje także wskutek utlenienia pewnych substancyj jak np. kreatyny i kwasu moczowego.

Największą stosunkowo ilość mocznika znajdujemy w moczu człowieka i zwierząt mięsożernych. Przy zwykłej dyecie ilość mocznika u mężczyzny wynosi dziennie około 30 gr. a nieco mniej u kobiety. Wogóle jednak ilość jego zostaje w pewnym stosunku do przyjmowanych pokarmów. Na pierwszym miejscu wypada tu wymienić substancje białkowe: ilość mocznika zostaje prawie w prostym stosunku do ilości wprowadzonych dziennie substancyj białkowych. Prócz substancyj białkowych ilość mocznika mogą także zwiększać inne czynniki, np. wprowadzenie do ustroju większej ilości wody, podniesiona temperatura ciała, gorączka i t. p. Istnieją jednakże i pewne zboczenia od tylko co wypowiedzianej reguły, kiedy ilość mocznika nie odpowiada ilości azotu wprowadzonego do ustroju z pokarmami. Pochodzi to ztąd, że azot w pewnych warunkach może się zawierać w moczu w postaci innych substancyj i zwykle nawet, jak podaje Pflüger od 13—16% azotu w moczu znajdujemy nie w postaci mocznika; ilość tych substancyj zmienia się bardzo znacznie skutkiem rozmaitych okoliczności, a głównie stanów chorobowych, tak np. Fränkel podaje, że zatrucie fosforem zmniejsza ilość azotu w postaci mocznika więcej niż o połowę, tak iż więcej niż połowa azotu zawiera się w moczu w postaci innych substancyj. Ilość mocznika zmniejsza się także bardzo znacznie w chorobach wątroby i nerek.

Mocznik się krystalizuje w postaci cienkich długich igiełek lub długich bezbarwnych, czworobocznych, niekiedy w środku próżnych, nie zawierających wody krystalizacyjnej, rombicznych pryzmatów, oddziaływających obojętnie. Kryształki te mają smak lekko chłodzący, podobny do smaku saletry. Ogrzane do 130° topią się. Począwszy już od 100° pewna część mocznika ulega rozkładowi. Mocznik rozpuszcza się w wodzie w zwykłej temperaturze prawie w równych ilościach;

rozpuszcza się także w wysoku, w eterze natomiast jest zupełnie nierozpuszczalny. Rozpuszcza się również w niektórych kwasach, dając z nimi nowe połączenia. Podczas ogrzewania mocznika w zwykłej probówce, on nie tylko się topi, lecz, jak zauważyliśmy wyżej, ulega rozkładowi, przyczem powstaje amoniak, który się ulatnia, a nadto pozostaje w probówce biaława masa, która oprócz wielu innych składników zawiera tak zwaną substancję biuretową, rozpuszczalną w wodzie i dającą z siarkanem miedziowym i zasadą piękne czerwono-fioletowe zabarwienie (próbę biuretową). Pod wpływem ogrzewania z wodą barową i ługiem sodowym lub potasowym, jak również pod wpływem niższych ustrojów, mocznik ulega rozkładowi (w ostatnim przypadku wskutek fermentacji) i daje w ostatecznym wyniku bezwodnik kwasu węglowego i amoniak; te same produkta powstają także podczas gotowania mocznika z kwasem siarkowym. Zasadowy roztwór podbrominu sodowego rozkłada mocznik na CO_2 , N i H_2O , podług wzoru: $\text{CON}_2\text{H}_4 + 3\text{NaBr} = 3\text{NaBr} + \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{N}_2$.

Z połączeń mocznika z kwasami najbardziej zasługują na uwzględnienie azotan i szczawian mocznikowy. Azotan mocznikowy $\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{NO}_3\text{H}$ otrzymuje się w różnej postaci, zależnie od sposobu otrzymywania: jeżeli powstaje szybko, ma postać cienkich i rombicznych albo sześciobocznych, dachówkowato ułożonych, bezbarwnych blaszek, jeżeli zaś krystalizuje powolnie powstają duże, grube rombiczne słupki lub blaszki. Połączenie to rozpuszcza się w wodzie czystej dość łatwo, jednakże w wodzie zakwaszonej kwasem azotowym jest mało rozpuszczalne i wskutek tego przeprowadzenie mocznika w azotan mocznikowy, może być użyte jako środek do otrzymania mocznika w moczu. Ten sam sposób może służyć także do wykazania mocznika w małych ilościach pod mikroskopem: mając na szkiełku przedmiotowym kroplę moczu lub innej cieczy, w której się podejrzewa obecność mocznika, przykrywamy ją szkiełkiem nakrywkowym i zwykłym sposobem doprowadzamy kropelkę kwasu azotowego zgęszczonego: w miejscu zetknięcia się kwasu z mocznikiem powstają drobne kryształki, których obecność świadczy, że w badanej cieczy zawiera się mocznik. Jednakże próba ta wobec faktu, że kwas azotowy z innymi substancjami może tworzyć krystaliczne połączenie, nie może być uważana za dokładną.

Szczawian mocznikowy $2\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ należy do połączeń mocznika najtrudniej rozpuszczalnych w wodzie. Otrzymuje się również w postaci pryzmatów lub blaszek, szczególnie łatwo, jeżeli roztwory kwasu szczawiowego i mocznika są dość zgęszczone.

Nadto mocznik tworzy połączenia z niektórymi solami, jak np. z azotanem rtęciowym. Połączenie to ma tę własność, że wobec słabo kwaśnego oddziaływania stosunek mocznika do zużytego azotu rtęciowego jest stały, a mianowicie na 10 części mocznika przypada 7.2 części na wagę azotanu rtęciowego. Podobne połączenia daje mocznik z chlorkiem sodu i z chlorkami metali ciężkich, jakkolwiek w tych połączeniach stosunek mocznika do soli nie jest tak stałym, jak w przypadku połączenia z azotanem rtęciowym.

Mimo tych, bardzo zresztą charakterystycznych, reakcyj, pewność, że się ma przed sobą mocznik można mieć tylko wtedy, gdy jemu odpowiada punkt topliwości (132°) i elementarna analiza, i odwrotnie, nawet przy braku charakterystycznych reakcyj nie można twierdzić, że w danym przypadku mocznika nie ma wcale.

Sposoby ilościowego oznaczenia mocznika w moczu.

Znajomość chemicznych własności mocznika pozwala oznaczać jego ilość w moczu. Z metod, którymi się powszechnie dziś posługujemy, ważniejsze są następujące.

1. *Metoda Liebiga* opiera się na wspomnianej własności mocznika, skutkiem której rozcieńczony roztwór azotanu rtęciowego wśród pewnych warunków łączy się z mocznikiem, dając nierozpuszczalne w wodzie połączenie podwójne o stałym składzie, przez co cała ilość mocznika, zawartego w badanej cieczy, zostaje strąconą. Do oznaczenia chwili, w której cała ilość mocznika zostaje strąconą, posługujemy się roztworem węglanu sodowego, który wobec zbytku dolanego z biurety roztworu azotanu rtęciowego daje żółte lub żółto-brunatne zabarwienie, podczas, gdy ani mocznik, ani jego połączenie z azotanem rtęci, takiego zabarwienia nie dają, i pozostają stale białymi. Metodę tę wypróbował i uzupełnił Pflüger, tak iż dziś, stosując się do jego wskazówek, można niewątpliwie najdokładniej oznaczyć ilość mocznika zapomocą azotanu rtęciowego. Roztwór azotanu rtęciowego oblicza się zwykle na 2 $\%$ -wy roztwór mocznika tak, aby 20 cm.³ roztworu azotanu rtęciowego w zupełności strącało 10 cm.³ roztworu mocznika, z czego wynika, że jeden cm.³ azotanu rtęciowego odpowiada 0.01 grama mocznika; ponieważ jednakże dla oznaczenia końca reakcji zapomocą węglanu sodowego, jest niezbędny pewien mały zbyt azotanu rtęciowego, wskutek tego każdy cm.³ roztworu azotanu rtęciowego powinien zawierać nieco więcej tlenu rtęci, niż podług obliczenia wypada, a mianowicie, zamiast 0.0720 gramów

HgO ma być 0.0772 gr. czyli 77.2 gr. HgO na litr wody. Rozczyn azotanu rtęciowego może być sporządzony albo z czystej rtęci, albo też z tlenku przez rozpuszczenie ich w kwasie azotowym. Po uwolnieniu otrzymanego roczynu od zbytku kwasu, rozcieńczamy go, mieszając dopóty, dopóki ciężar gatunkowy cieczy nie będzie wynosił 1.10 w t. $+ 20^{\circ}$. Otrzymawszy taki rozczynek, oznaczamy jego zdolność strącania zapomocą 2%-go roczynu mocznika i stosownie do tego, jaki wynik wykazuje doświadczenie, dolewamy mniej lub więcej wody do całej ilości, kontrolując otrzymany rozczynek jeszcze raz zapomocą tego samego roczynu mocznika.

Oznaczenie ilości mocznika w moczu jest nieco trudniejsze i bardziej skomplikowane z powodu obecności chlorków, fosforanów i siarkanów, które reakcyi tej przeszkadzają i dlatego muszą być z moczu usunięte. Obecność chlorków przeszkadza dokładnemu oznaczeniu mocznika przez to, że one zamieniają pewną część azotanu rtęciowego na chlorek rtęciowy, który mocznika nie strąca; w podobny sposób działają także połączenia bromu i jodu, jeżeli się w moczu znajdują. Chlorki usuwamy przez strącenie rozczynem azotanu srebrowego.

Dla usunięcia fosforanów a także siarkanów, które jednakowo przeszkadzają reakcyi, skutek działania na azotan rtęciowy, posługujemy się rozczynem wodnika barowego, który się składa z jednej części nasyczonego azotanu barowego i z 2-ch części roczynu wodnika barowego, nasyczonego w temperaturze pokojowej.

Rozczyn węglanu sodowego, używamy do oznaczenia końca reakcyi, zawiera 53 gramy węglanu sodowego na litr wody; jednakże Pflüger podaje, że wystarcza zupełnie rozczynek o ciężarze gatunkowym 1,053. Przed rozpoczęciem oznaczenia ilości mocznika sporządzamy tablicę, która wykazuje, ile potrzeba dolać roczynu węglanu sodowego do zobojętnienia pewnej oznaczonej ilości roczynu azotanu rtęciowego.

Samo oznaczenie mocznika w moczu przeprowadza się w sposób następujący. Przedewszystkiem odmierzamy pewną ilość moczu. Jeżeli ciężar gatunkowy moczu jest dość znaczny, z czego możemy wnosić, że ilość mocznika będzie także znaczną, w takim razie rozcieńczamy mocz oznaczoną ilością wody tak, ażeby ilość mocznika w moczu była mniej więcej bliską 2%. W jednej części tego moczu oznaczamy zapomocą azotanu srebrowego ilość chlorków i stosunek azotanu srebrowego odnotowujemy, aby w przyszłości wiedzieć, ile na inną ilość moczu potrzeba będzie azotanu srebrowego dla całkowitego strącenia chlorków. Następnie bierzemy oznaczoną ilość moczu np. 100 cm.³ i dolewamy do niej również oznaczoną ilość roczynu barowego, który dla uproszczenia

rachunku może być równy ilości moczu, ażeby całkowicie stracić siarkany i fosforany; następnie gdy wywołany roztworem barowym osad opadnie na dno naczynia, odsączamy ciecz przez suchy sączek i z otrzymanego przesączu odmieramy dokładnie pewną ilość sz. cent., przypuścimy taką, która odpowiada dokładnie 50 cm.³ moczu. Tę odmierzoną ciecz zobojętniamy kwasem azotowym, ażeby dokładnie wiedzieć, ile potrzeba będzie użyć węglanu sodowego do zobojętnienia nadmiaru kwasu azotowego w azotanie rtęciowym. Do zobojętnionej w ten sposób cieczy, dodajemy taką ilość azotanu srebrowego, ażeby w zupełności stracić istniejące w moczu chlorki. Ilość roztworu srebrowego musi być oczywiście także dokładnie oznaczona. Ciecz ponownie sączymy przez suchy sączek. następnie odmieramy pewną ilość do osobnego naczynia zwykle tak, ażeby ilość moczu wynosiła dokładnie 10 cm. Do tej odmierzonej ilości cieczy wlewamy z biurety jednym strumieniem całą ilość roztwór azotanu rtęciowego, jaka podług ciężaru gatunkowego przypuszczalnie jest potrzebną do strącenia całkowitej ilości mocznika, i bezpośrednio po dolaniu azotanu rtęciowego, dolewamy potrzebną ilość węglanu sodowego, którą możemy już wiedzieć z poprzednio ułożonej tablicy. Jeżeli przytem otrzymujemy żółte zabarwienie, to całe oznaczenie musi być przeprowadzone na nowo, gdyż zabarwienie to świadczy, że dodaliśmy za dużo azotanu rtęciowego. Jeżeli natomiast osad pozostaje białym, a kropla cieczy wziętej na szklaną płytkę z czarną podkładką przy zetknięciu z węglanem sodowym nie daje barwy żółtej, wypada dolewać dalej azotan rtęciowy z początku po $\frac{1}{2}$ cm.³, następnie po $\frac{1}{10}$ cm.³ i po każdym dolaniu na nowo próbować zapomocą węglanu sodowego. W ten sposób można doprowadzić oznaczenie ilości mocznika z dokładnością do $\frac{1}{10}$ cm.³ W wielu przypadkach ten sposób oznaczenia ilości mocznika zupełnie wystarcza, jeżeli jednakże chodzi o bardziej dokładne oznaczenie, w takim razie potrzeba całą manipulacją jeszcze raz powtórzyć z tą różnicą, że do odmierzonej ilości cieczy, w której ma się zawierać 10 cm.³ czystego moczu dolewa się odrazu poprzednio oznaczoną ilość azotanu rtęciowego i zaraz zobojętnia się odpowiednią ilością roztworu węglanu sodowego. Jeżeli po dolaniu węglanu sodowego nie występuje żółte zabarwienie, nalewamy często po $\frac{1}{10}$ cm. azotanu rtęciowego i, próbując w sposób podany wyżej po każdym dolaniu, w końcu otrzymujemy żółte zabarwienie osadu, i wtedy oznaczenie możemy uważać za dokończone. Teraz na podstawie ilości zużytego azotanu rtęciowego obliczamy ilość mocznika w 10 cm.³ moczu, następnie zaś w całej ilości dziennej lub w litrze. Jeżeli ilość mocznika okaże się większa niż 20/0, w takim ra-

zie wypada wprowadzić osobne poprawki, które są podane w specjalnych podręcznikach do badania moczu.

Rozczyn azotanu rtęciowego w tych warunkach strąca jednakże nietylko mocznik, ale i inne substancje, zawierające N. (np. kw. oxyproteinowy i inne). Zapomocą tedy miareczkowania oznaczamy nie ilość mocznika, lecz właściwie ilość azotu w moczu, wyrażoną w ilości mocznika, w którym azot stanowi 46, 67%, oznaczona ilość mocznika może służyć do oznaczenia (wprzybliżeniu) całej ilości azotu. Liczby otrzymane tą metodą, jak wykazał Pflüger, zostają w zupełnej zgodzie z liczbami otrzymanymi zapomocą metody Kjedahla (zamiana związków azotowych pod działaniem kwasu siarkowego w amoniak, destylacja amoniaku i miareczkowanie kwasem siarkowym).

2. *Metoda Bunsena.* Metoda ta polega na przeprowadzeniu mocznika, zapomocą ogrzewania w zalutowanej rurce w alkalicznym roztworze chlorku barowego, w węglan amonowy, który się przytem rozkłada. Metodę tę również badał Pflüger i jego uczniowie, Bohland i Bleitreu i znacznie ją ulepszyli. Z badań tych wypadło, że i tą metodą można otrzymać dokładne rezultaty, jeżeli przedtem inne azotowe substancje, zawarte w moczu, zostały strącone zapomocą kwasu solnego i fosfowolframowego. Następnie ciecz alkalizuje się słabo mlekiem wapiennem, i ogrzewa się po zalutowaniu w rurkach z alkalicznym roztworem chlorku barowego. Ilość mocznika w tym przypadku obliczamy na podstawie ilości bezwodnika kwasu węglowego, lub na podstawie ilości amoniaku, który podczas destylowania cieczy z magnezją uwalnia się i może być zebrany do roztworu kwasu siarkowego, oznaczonego zgęszczenia.

3. *Metoda Knopp-Hüffnera* polega na oznaczeniu ilości azotu, który się wywiązuje z mocznika pod wpływem podbrominu sodowego. Metoda ta jest najmniej dokładna i wskutek tego do celów naukowych używaną być nie może; jednakże łatwość z jaką w przybliżeniu metodą tą można ilość mocznika oznaczyć, sprawia, że ona dla celów praktycznych może być użyteczną. Oznaczenie tą metodą wymaga osobnych urządzeń, które samo wykonanie bardzo znacznie ułatwiają. Z przyrządów tego rodzaju najbardziej praktycznym jest ureometr Esbacha. Ilości mocznika tą metodą oznaczone są zwykle nieco mniejsze, w przybliżeniu około $\frac{1}{10}\%$, niż metodą Liebiga.

Powstawanie mocznika.

Mocznik powstaje w organizmie niewątpliwie z ciał białkowych, jednakże wszelkie próby utlenienia białek nie doprowadziły dotychczas

do otrzymania z nich mocznika drogą bezpośrednią. Jako produkta rozkładowe białek znajdujemy zwykle amidokwasy; na tej podstawie wypadła przyjąć, że te ostatnie są w ustroju przejściowymi substancjami pomiędzy białkami a mocznikiem i że właściwie z nich powstaje mocznik. Rzeczywiście doświadczenia Schultzena, Nenckiego i innych wykazują, że leucyna i glikokol, a według Knieriemia kwas asparaginowy, wprowadzone do organizmu, mogą przechodzić w mocznik. Jedynym zresztą faktem, który obecnie nie ulega wątpliwości, jest powstawanie mocznika w wątrobie z węglanu amonowego. Nasamprzód stwierdzono (Knieriem, Salkowski, Munk, Schmiedeleberg i inni), że węglan amonowy, lub takie połączenia amoniakalne, które mogą przejść w ustroju w węglan amonowy, rzeczywiście zwiększają w organizmie ilość mocznika; następnie już Schröder przedstawił dowód bezpośredni, przeprowadzając krew przez żywą, świeżo wyciętą wątrobę, w której węglan i mrówczan amonowy posłużyły do wytworzenia znacznej ilości mocznika. Doświadczenia te stwierdzone przez Salomona zostają w zupełnej zgodzie z wielu innemi spostrzeżeniami, jak np. że wzrostem soli amoniakalnych i zmniejszeniem się mocznika w moczu w pewnych chorobach wątroby. Jakkolwiek więc powstawanie mocznika z węglanu amonowego, na podstawie badań Schrödera i Salkowskiego, nie ulega dziś już wątpliwości, to jednak nie ma podstawy do przypuszczania, że źródło to jest jedyne i że z innych substancyj i w innych narządach mocznik powstać nie może; przeciwnie jest wszelkie prawdopodobieństwo, że źródeł mocznika jest wiele, że nie tylko amidokwasy, ale także ksantyna i kreatyna mogą być źródłem mocznika, i że produkcyja mocznika może odbywać się także w innych narządach jak np. w mięśniach. Czy w sprawie wytwarzania mocznika odgrywają jaką rolę nerki, do dziś dnia stanowczej odpowiedzi dać nie można; są doświadczenia, z których wynika, że wycięcie nerek nie zmniejsza, lecz przeciwnie zwiększa ilość mocznika, z czego wypadałoby przypuszczać, że przeciwnie w nerkach mocznik ulega przemianie w inną substancję. Prócz nerek badania także innych narządów pod tym względem za pomocą sztucznego krążenia nie wykazują, aby mocznik był w nich produkowany, przynajmniej, jak podaje Schröder, w mięśniach całych dolnych kończyn mocznik z węglanu amonowego nie powstaje. Doświadczenia te wszelako nie dowodzą, że w tych samych narządach mocznik nie może powstawać z innych substancyj, tem bardziej, że z doświadczeń Schulzena i Nenckiego wynika, że jeżeli glikokol może być źródłem mocznika, to w tym przypadku mocznik powstaje drogą syntetyczną, gdyż glikokol zawiera tylko jeden atom azotu,

podczas gdy mocznik zawiera ich 2. W inny sposób powstawania mocznika drogą syntezy, możemy zarazem przypuścić, że nie tylko glikokol, lecz także cały szereg innych połączeń, zawierających grupę amidu, może służyć do tego samego celu.

Jeżeli mocz lub roztwór mocznika pozostawimy na powietrzu, to nawet w tym przypadku, kiedy roztwór mocznika oddziaływa kwaśno, oddziaływanie to stopniowo staje się coraz słabsze, staje się obojętnem. a w końcu nawet może się zamienić na alkaliczne. Jeżeli mamy do czynienia z moczem, to mocz w tym przypadku staje się mętnym. wskutek powstawania w nim kryształków fosforanu amonowo-magnowego oraz moczanów obojętnych. Zjawisko to nazywany fermentacją moczu, polega zaś ona na przejściu mocznika w węglan amonowy, który się następnie rozkłada, wydzielając amoniak. To przekształcenie mocznika występuje wskutek działania osobnego gatunku bakteryj, które zostały wykazane przez Pasteura, a następnie przez Kolna nazwane *micrococcus ureae*. Musculus przedstawił dowody, że w gruncie rzeczy nie same bakterie tę zmianę mocznika powodują, lecz osobny ferment, produkowany przez nie. Jeżeli bowiem strącić wyskokiem mocz osób cierpiących na katar pęcherza i osad ten wysuszyć w niskiej temperaturze, a następnie sporządzić z niego wodny wyciąg, nie zawierający żadnych niższych ustrojów, to dodawszy go do roztworu mocznika, bardzo prędko otrzymujemy zapach amoniaku. Ferment ten jest jednak bardzo niestály i pod wpływem wielu czynników traci swoje własności fermentacyjne; szczególnie zaś łatwo niszczy go roztwór kwasu solnego, nawet $\frac{1}{10}$ procentowego, natomiast względem innych czynników jest on odporny; do takich należą fenol, wyskok, ług sodowy i sól. Zarodniki tych bakteryj mają się znajdować w powietrzu, szczególnie zaś w wielkiej ilości w tych miejscach, gdzie mocz ulega fermentacji. Podobny rozkład mocznika, podług Richeta, może wywoływać błona śluzowa żołądka u psów i królika; lecz i tu prawdopodobnie potrzeba przyjąć udział osobnych bakteryj lub przynajmniej osobnego fermentu, jak również w treści kloaki u ptaków, z której wyciąg wodny wywołuje rozkład mocznika. Jeżeli mocz przechowujemy bez dostępu niższych ustrojów (Cazeneuve), możemy go nawet bardzo długi czas pozostawić bądź w pęcherzu, bądź po za ustrojem, i mimo to nie przedstawia on żadnych śladów fermentacji.

Kwas moczowy ($C_5H_4N_4O_3$).

W czystym stanie kwas moczowy, przedstawia się jako proszek biały, bez zapachu i smaku, krystalicznej budowy; krzysztalki mają

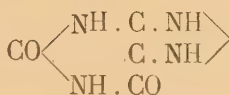
postać małych rombicznych pryzm lub tabliczek. Wydzielony z moczu na postać kryształków większych, lecz zawsze zabarwionych barwikiem moczu. Wielkość kryształków zależy od szybkości krystalizacji: jeżeli się krystalizuje szybko, w takim razie kryształki są małe; natomiast podczas krystalizacji powolnej, jak to ma miejsce w moczu zakwaszonym kwasem solnym, kryształki są znacznie większe i posiadają więcej prawidłową postać. Pod mikroskopem są one żółtawej lub brunatno-żółtej barwy, mają kształt osełkowaty z zaokrąglonymi nieco kątami. Kryształki te są zwykle z sobą poprzecznie lub skośnie połączone, tak, że tworzą krzyże lub gwiazdki.

Czysty kwas moczowy nie rozpuszcza się w wysoku ani w eterze, rozpuszcza się nieco w glicerynie, bardzo mało w wodzie zimnej, i nieco więcej w gorącej. Rozpuszcza się także w gorącym roztworze fosforanu sodowego zasadowego, przyczem w razie nadmiaru kwasu moczowego powstaje fosforan sodowy kwaśny i moczan sodowy kwaśny. Zgęszczony kwas siarkowy rozpuszcza go bez zmiany. Kwas pikrynowy zaś strąca z moczu w zupełności. Rozpuszcza się w ługu sodowym i potasowym, tworząc sole kwaśne lub obojętne. Sole kwaśne są mniej rozpuszczalne niż obojętne, zaś najbardziej rozpuszczalną jest z soli kwaśnych, sól litowa. Do wykrycia kwasu moczowego możemy się posługiwać dwoma próbami:

1. *Próba tak zwaną mureksidową.* Ciecz, w której przypuszczamy istnienie kwasu moczowego, odparowujemy w miseczce porcelanowej, następnie dodajemy kroplę kwasu azotowego i ponownie ogrzewamy do zupełnego odparowania. Pozostały na miseczce osad przybiera barwę cebulasto-czerwoną. Jeżeli do tego osadu dodamy kroplę ługu potasowego, wystąpi zabarwienie fioletowe, po dodaniu zaś kropli amoniaku, zabarwienie purpurowe. Reakcja z ługiem potasowym jest cechą odróżniającą kwas moczowy od cholestearyny, która z kwasem azotowym daje również cebulasto-czerwonawy zabarwiony osad, ten jednakże tak z ługiem potasowym i jak z amoniakiem daje tylko zabarwienie purpurowe.

2) *Próba zapomocą azotanu srebrowego,* polega na redukcji azotanu srebrowego zapomocą kwasu moczowego. Próba polega na tem, że papierek nasiąknięty roztworem azotanu srebrowego za dodaniem kwasu moczowego staje się czarnym. Podobnych redukcji nie daje kwas moczowy z azotanem bizmutu i tem się różni od innych ciał redukujących. Kwas moczowy redukuje także alkaliczny roztwór tlenku miedziowego. Próba z azotanem srebrowym należy do najczulszych i pozwala wykryć nawet $\frac{2}{1000}$ miligramy kwasu moczowego.

Podług Medicusa wzór strukturalny kwasu moczowego jest następujący:

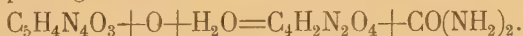


z którego wypada, że kwas moczowy jest diureidem kwasu akrylowego.

Kwas moczowy, podobnie jak mocznik, może być otrzymany drogą syntetyczną kilku sposobami, jak to pierwszy wykazał Horbaczewski: 1^o) przez stopienie mocznika z glikokolem podług wzoru: $3\text{CO}_2(\text{NH})_2 + \text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_2 = \text{C}_5\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 3\text{NH}_3$, przyczem jako produkta przejściowe powstają hydantoina i biuret; 2^o) stapiając metyl-hydantoinę z mocznikiem albo biuretem otrzymał Horbaczewski kwas metylo-moczowy; 3^o) przez ogrzanie kwasu trójchloromlekowego z nadmiarem mocznika.

Podczas ogrzewania kwas moczowy ulega rozkładowi, dając jako produkta rozkładowe: mocznik, kwas pruski, kwas cyanurowy i amoniak. Ogrzany do 170° ze zgęszczonym roztworem kwasu solnego, w zalutowanych rurkach, rozkłada się na glikokol, bezwodnik kwasu węglowego i amoniak. Pod wpływem środków utleniających ulega rozkładowi i jednocześnie utlenia się, wskutek czego powstają mono- i diureidy. Mając na względzie produkta rozkładu Strecker uważa kwas moczowy za związek analogiczny z kwasem hipurowym. Jak kwas hipurowy powstaje z połączenia kwasu benzoowego z glikokolem, tak kwas moczowy jest związkiem kwasu cyanowego również z glikokolem. Zatem przemawiają także spostrzeżenia Wöhlera, który znalazł, że cielęta dopóki się karmią wyłącznie mlekiem, zawierają w moczu tylko kwas moczowy; jak skoro przechodzą na pokarm roślinny, znika kwas moczowy, a natomiast pojawia się kwas hipurowy.

Pod wpływem działania kwasu azotowego w zwykłej temperaturze, kwas moczowy wskutek utlenienia daje z początku mocznik i mono-ureid alloxan, podług wzoru:



Ogrzany zaś z kwasem azotowym alloxan daje bezwodnik kwasu węglowego i kwas parabanowy $\text{C}_8\text{H}_2\text{N}_2\text{O}_3$, który przybierając cząsteczkę wody przechodzi w kwas oxalurowy $\text{C}_3\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_4$; ślady tego ostatniego znajdujemy w moczu; kwas oxalurowy z kolei bardzo łatwo przechodzi w kwas szczawowy i mocznik.

W czystym stanie spotykamy kwas moczowy w moczu ptaków, płazów i gadów, u których główną część azotu wydala ustrój w postaci tego związku. W większej nieco ilości spotykamy go u zwierząt mięsożernych,

jakkolwiek i tu niekiedy ilość jego może być także bardzo nieznaczna; u trawożernych znajdujemy zaledwo ślady. W moczu człowieka znajdujemy kwas moczowy stale, jednak w ilości zmiennej i bardzo małej; ilość jego średnio wynosi od 0.7 do 2 gramów na dobę. Ślady kwasu moczowego znajdujemy także w samych narządach np. w śledzionie, płucach, sercu, w wątrobie i mózgu. Według Meissnera zawiera go krew ptaków, u człowieka zaś można go na pewno wykazać u osób dotkniętych podagrą.

Ilość kwasu moczowego w moczu człowieka zależy niewątpliwie od pokarmów: zwiększa się podczas diety mięsnej i znacznie może się zmniejszyć, gdy używamy pokarmów roślinnych. Bunge stwierdził, że u zdrowego młodego osobnika przy dyecie złożonej wyłącznie z chleba stosunek kwasu moczowego do mocznika był jak 1:82. U tegoż samego osobnika przy dyecie mięsnej wynosił: 1:48. Stosunek kwasu moczowego do mocznika podczas użycia pokarmów mieszanych wynosi średnio 1:50 do 1:70; jest on znacznie większym u noworodków, szczególnie w ciągu pierwszych kilku dni, kiedy według Mareša może się równać 1:13 do 1:14 mocznika. Według Straussa ekstrakt mięsny zwiększa ilość kwasu moczowego u człowieka, prawdopodobnie skutkiem obecności substancyj, które służą materiałem do jego syntezy.

Prócz pokarmów wpływają także inne czynniki, np. Horbaczewski zwiększał ilość kwasu moczowego, wprowadzając do ustroju glicerynę. Wprowadzenie samego kwasu moczowego, przynajmniej u psa, zwiększa bardzo mało ilość kwasu moczowego w moczu, natomiast przyczynia się do zwiększenia ilości mocznika; ponieważ także po za ustrojem przez utlenienie kwasu moczowego otrzymać możemy mocznik, powstało więc zapatrywanie, że kwas moczowy jest jedną z przejściowych substancyj, które wskutek utlenienia białek powstają, a które przez dalsze utlenienie dają mocznik. Jednakże zapatrywania tego bynajmniej nie można uważać za uzasadnione, a to z powodu, że niedostateczny dowód tlenu do ustroju i znaczne obniżenie spraw utlenienia bynajmniej nie przyczynia się do zwiększenia kwasu moczowego w moczu. Ebstein i Nicolaier przez 5½ miesięcy podawali psu codziennie 10 gr. kwasu moczowego, razem więc dali 1290 gr. Cała ta ilość kwasu moczowego głównie się wydzielala kałem i nie spowodowała w nerkach żadnych zmian. Natomiast moczan, wprowadzone królikowi do żyły lub pod skórę wydzielaly się moczem i wywoływały zmiany anatomiczne w nerkach. Również Senator u psów, królików i kotów, sprowadzając sztucznie zaburzenia w oddechaniu wcale nie mógł zauważyć, wzrostu ilości kwasu moczowego.

Ze stanów chorobowych, wpływają na zwiększenie ilości kwasu moczowego, stan gorączkowy wogóle i białaczka (*leucaemia*); natomiast ilość kwasu moczowego się zmniejsza w okresie, poprzedzającym napad podagry. Również zmniejszają ilość kwasu moczowego w moczu chinina, kofeina i wogóle wszelkie warunki, obniżające wymianę materii w ustroju.

Z jakich produktów bezpośrednio powstaje kwas moczowy w ustroju orzec wogóle trudno. Doświadczenia wykazały, że sole amoniakalne, przynajmniej w ustroju ptaków, zwiększają ilość kwasu moczowego, lecz tak samo działa także mocznik, wprowadzony do ustroju ptaka, tj. przechodzi w kwas moczowy, podczas gdy sam kwas moczowy w ustroju zwierząt ssących przechodzi odwrotnie w mocznik. Doświadczenia Minkowskiego z wycinaniem wątroby u gęsi wykazały znaczne zmniejszenie ilości kwasu moczowego, i zwiększenie soli amoniakalnych i kwasu mlekowego. Na tej podstawie można przypuszczać, że rzeczywiście kwas moczowy u ptaków powstaje z soli amoniakalnych i że miejscem tej przemiany jest wątroba. Ponieważ Minkowski po wyjęciu wątroby znalazł znaczną ilość kwasu mlekowego, wypadaloby z tego wnosić, że w sprawie powstawania kwasu moczowego, kosztem soli amoniakalnych, bierze udział także kwas mlekowy, czyli, że kwas moczowy powstaje wskutek syntezy, wśród pewnych warunków, kwasu mlekowego z amoniakiem. Podobnie jak sole amoniakalne działają także amido-kwasy, które, jak widzieliśmy wyżej, w ustroju zwierząt ssących zwiększają ilość mocznika, u ptaków zaś zwiększają ilość kwasu moczowego. Pewna część kwasu moczowego według doświadczeń Macha, może pochodzić także z hipoksantyny, z której się wytwarza nawet po wycięciu wątroby. Nie ulega więc wątpliwości, że i kwas moczowy, podobnie jak mocznik, może powstawać z różnych źródeł i w rzeczywistości w ustroju nigdy z jednego źródła nie pochodzi.

To przechodzenie rozmaitych substancyj w kwas moczowy, odbywa się także w rozmaitych narządach, przeważnie jednak, jak wskazują przytoczone wyżej doświadczenia Minkowskiego, w wątrobie. W normalnym moczu ptaków obok kwasu moczowego i amoniaku znajduje się także zawsze mała ilość mocznika. Ilość azotu, wydzielonego w tej postaci, wynosi od 2—4%, całej ilości azotu; ilość ta pozostała bez zmiany w doświadczeniach Minkowskiego u gęsi po wyjęciu wątroby. Jeżeli podajemy mocznik ptakom, to według doświadczeń Meyera i Jaffego wzrasta ilość kwasu moczowego, czyli że mocznik przechodzi w kwas moczowy. Jeżeli tę samą ilość mocznika wprowadzimy do ustroju gęsi,

pozbawionej wątroby, to mocznik bez zmiany znajdujemy w moczu. Fakt ten więc przemawia za tem, że kwas moczowy, podobnie jak mocznik powstaje w wątrobie. Nerki prawie zupełnie nie biorą żadnego udziału w wytwarzaniu kwasu moczowego. Jeżeli bowiem wycinamy nerki u ptaków, podwiązując jednocześnie naczynia, to w ciągu 1 lub 2-ch dni, przez które zwierzę pozostaje przy życiu, wytwarza się w ustroju tak znaczna ilość kwasu moczowego, że wszystkie błony surowicze, limfa a nawet krew, zostają przepełnione kryształkami kwasu moczowego, z czego oczywiście wypada, że obecność nerek nie jest wcale potrzebną do wytworzenia kwasu moczowego.

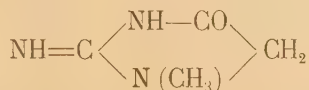
Prócz wątroby, podług Horbaczewskiego, także mięszs śledziony wytwarza znaczną ilość kwasu moczowego. Tę produkcję kwasu moczowego stwierdził autor, zastosowując sztuczne krążenia krwi i zachowując temperaturę ustroju; nadto wykazał stałą obecność kwasu moczowego w wyciągach wodnych, sporządzonych ze śledziony. Kwas moczowy, w danym przypadku, podług Horbaczewskiego, wypada uważać za produkt rozkładowy nukleiny, który powstaje w ciałkach limfatycznych śledziony, i tem się też tłumaczy także wzrost ilości kwasu moczowego w chorobach, wśród których powstaje przerost śledziony. Podczas głodzenia zmienia się ilość mocznika, jak to wykazuje Mareš, ilość zaś kwasu moczowego pozostaje stałą, przytem jakby dla każdego ustroju właściwą, zależną od wieku, płci i innych warunków.

W celu wykazania kwasu moczowego w moczu bierzemy oznaczoną ilość przesączonej cieczy i dodajemy od 20 do 30 cm.³ kwasu solnego 25%-go, na litr; następnie całą mieszaninę pozostawiamy w chłodnem miejscu w zupełnym spokoju. Po 48 godzinach kryształki kwasu moczowego, które się w cieczy wytworzyły, opadają na dno, a górna warstwa staje się prawie zupełnie przezroczystą i może być odlaną; dla dokładności można jednakże całą mieszaninę przesączyć przez sączek, na którym oczywiście pozostaje także cały osad. Kryształki zebrane na sączku prawie zawsze bywają zabarwione barwikiem moczu. Aby je oczyścić, należy rozpuścić w rozcieńczonym roztworze ługu potasowego lub sodowego i następnie, odbarwiwszy zapomocą węgla, ponownie strącić kwasem solnym.

Jeżeli chodzi o wydobycie większej ilości kwasu moczowego, to się posługujemy ekskrementami węzów, które gotujemy z rozcieńczonym roztworem ługu potasowego, dopóki nie przestaną wydzielać amoniaku. Zlany roztwór soli moczowej obojętnej sączymy i przez otrzymany w ten sposób przesącz przepuszczamy bezwodnik kwasu węglowego; pod wpły-

wem CO_2 moczany obojętne przechodzą w kwaśne, które się strącają. Po odsączeniu i kilkakrotnem przepłukaniu wodą przekroploną rozpuszczamy je ponownie w ługu sodowym lub potasowym i znowu strącany kwasem solnym. Do ilościowego oznaczenia kwasu moczowego służy metoda Salkowskiego i Ludwiga, która polega na strąceniu kwasu moczowego z moczu zapomocą azotanu srebrowego, na tej samej zasadzie opierająca się metoda Haycraft'a oraz metoda Hopkinsa, która polega na kompletnem strącaniu się kwasu moczowego z moczu, jako moczuanu amonowego, po nasyceniu moczu chlorkiem amonowym. Zebrany na sączku osad przemywa się zgęszczonym roztworem chlorku amonowego, rozpuszcza się we wrzącej wodzie, a kwas moczowy się strąca na gorąco kwasem solnym. Zebrany na sączku kwas moczowy albo się po wysuszeniu wprost waży, albo się miareczkuje za pośrednictwem nadmanganianu potasowego. Metoda Hopkinsa daje równie dobre rezultaty, jak i metoda Salkowskiego.

Kreatynina $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}$ zawiera się w moczu w ilości od 0.6 do 1.3 gr. na dobę. Jestto również ciało krystaliczne; kryształki jego mają postać bezbarwnych, błyszczących mikroskopowych pryzmacików, które tem się różnią od kryształków kreatyny, że ogrzane do 100° nie tracą wody i nie bieleją. Kreatynina rozpuszcza się w 11 częściach wody zimnej i znacznie łatwiej w gorącej, rozpuszcza się również w wysoku i prawie zupełnie nie rozpuszcza się w eterze. W roztworze alkalicznym, szczególnie podczas ogrzewania, kreatynina bardzo łatwo przechodzi w kreatynę. Wzór strukturalny kreatyny jest:



na podstawie którego uważać można ją za bezwodnik kreatyny, znajdującą się w większej ilości w mięśniach.

Ilość kreatyny w moczu wogóle jest zmienną. Zmiany te idą zawsze równolegle do ilości mocznika, jednakże ilość jej zwiększa się podczas używania pokarmów mięsnych więcej, niż po innych substancjach białkowych, również ma się zwiększać podczas usilnej pracy mięśni. Zwiększona czynność tkanek pociąga za sobą wzrost kreatyny w moczu i odwrotnie obniżenie czynności tkanek zmniejsza jej ilość.

Kreatynina przedstawia cały szereg charakterystycznych prób:

1) z kwasem solnym daje krystaliczne połączenie, które się łatwo rozpuszcza w wodzie; 2) z kwasem fosforowolframowym lub fosfomolibdenowym daje krystaliczne połączenie, w wodzie prawie nierozpu-

szczalne; 3) roztwór azotanu rtęciowego strąca kreatynę podobnie jak moczownik; 4) z chlorkiem cynkowym daje podwójne połączenie $(C_4H_7N_3O)_2ZnCl_2$, które można otrzymać ze zgęszczonego roztworu wysokowego kreatyniny, przez dodanie do niego słabo zakwaszonego chlorku cynkowego. Jest ono w wysoku i w wodzie nierozpuszczalne, natomiast rozpuszcza się w kwasach mineralnych. Połączenie to ma ważne znaczenie z tego względu, że może być zastosowane do ilościowego oznaczenia kreatyniny w moczu. Obecność barwików w moczu sprawia, że chlorek kreatynino-cynkowy z moczu ma żółte zabarwienie, z roztworu zaś kreatyniny czystej jest zupełnie bezbarwny. Kryształki tego połączenia mają wejrzenie igiełek, ułożonych w postaci gwiazdek, niekiedy w postaci pędzelków. Podczas powolnej krystalizacji można jednakże otrzymać większe kryształki kształtu wyraźnie pryzmatycznego.

Kreatynina, podobnie jak kwas moczowy, posiada własności redukcyjne, tak np. tlenek rtęci redukuje na rtęć metaliczną, dając jednocześnie kwas szczawiowy i metyl-guanidynę (albo metyluraninę); również redukuje wodnik miedziowy w roztworze alkalicznym, tworząc z nim bezbarwne, w wodzie rozpuszczalne połączenie, z którego po ogrzaniu powstaje czysty tlenek miedziowy. Z tego też powodu, podczas oznaczania cukru w moczu lub w innych cieczach, trzeba się mieć na baczności, gdyż obecność kreatyniny może szkodzić reakcyi, działając w części jako czynnik utleniający, w części jako utrzymujący tlenek miedziowy w roztworze.

Dla wykazania obecności kreatyniny możemy się posługiwać próbą Weyla. Jeżeli do cieczy, w której przypuszczamy obecność kreatyniny, dodamy rozcieńczonego roztworu nitroprusydku sodu (ciężaru gatunkowego 1.003) i następnie kilka kropli ługu sodowego, to ciecz przybiera barwę rubinowo-czerwoną, która wkrótce przechodzi w żółtą. Jeżeli zamiast kilku kropel ługu sodowego dodamy amoniaku, to czerwonej barwy nie otrzymujemy; natomiast, jeżeli do żółto zabarwionej cieczy dodamy nadmiaru kwasu octowego i ogrzejemy, to występuje zabarwienie zielone, przechodzące powoli w błękitne, skutkiem wytwarzającego, się błękitu pruskiego.

Inne substancje zawierające azot. Z ciał zawierających azot które znajdujemy w moczu, zasługuje jeszcze na szczególną uwagę *allantoina* $C_4H_6N_4O_3$. Spotykamy ją w moczu dzieci w ciągu pierwszych kilku dni po urodzeniu i w nieco większej ilości w moczu kobiet podczas ciąży. Ilość allantoiny w moczu prawidłowym jest bardzo nieznaczna, tak że obecność tej substancji w moczu kobiety, w ilości dającej się łatwo oznaczyć, może do pewnego stopnia służyć jako dowód istnienia ciąży.

Ciało to znajdujemy także w znacznej ilości w owodnej i omocznej, gdzie prawdopodobnie powstaje, jak i poza ustrojem wskutek utlenienia kwasu moczowego. Za tem przemawiają także doświadczenia Salkowskiego, który, wprowadziwszy znaczną ilość kwasu moczowego do krwi, wykazał zwiększenie ilości allatoiny w moczu.

Najbardziej zbliżony składem do substancyj białkowych jest kwas *oksyproteinowy*, wykryty przez Bądryńskiego i Gotlieba. Według wymienionych autorów wzór tego związku ma być: $C_{43}H_{32}N_{14}O_{31}$. Ilość na dobę, oznaczoną w postaci soli barowej, wynosi od 3—4 gr., czyli od 2—3% całego azotu w moczu. Przyczyna, dlaczego substancji tej przez tak długi czas mimo ogromnej ilości badań, nie wykryto, polega prawdopodobnie na tem, że jest to związek stosunkowo obojętny i łatwo rozpuszczalny; soli krystalicznych dotychczas nie otrzymano. Najbardziej znana sól barowa rozpuszcza się w wodzie i może być strącona wysokiem, w postaci kłaczków, które osiadając stopniowo przechodzą w proszek. Wolny kwas strącają z roztworu tylko siarkan i azotan rtęciowy, próby ksantoproteinowej nie daje, natomiast odczynnik Millona daje zabarwienie słabo żółtawo słomiane (*chamois*).

Prócz wymienionych substancji, znajdujemy w moczu także ksantynę, hypoksantynę, guaninę i karninę; jednakże ilości tych ciał są tak małe, a rola ich w wymianie materii w ustroju tak nieznaczna, że niema powodu zastanawiać się nad nimi specjalnie. Większe już znaczenie, przynajmniej z teoretycznego stanowiska, ma kwas hipurowy, który u trawożernych zastępuje do pewnego stopnia kwas moczowy i zawiera się w większej stosunkowo ilości.

Kwas hipurowy $C_6H_9NO_3$ składa się z kwasu bendżwinowego i glikokolu. Ze względu na strukturę może być nazwany kwasem benzoil-amido-octowym $C_6H_5.CO.NH.CH_2.COOH$. Ogrzany do zagotowania z kwasami mineralnymi lub zasadami, jakoteż podczas fermentacji moczu, rozkłada się na kwas bendżwinowy i glikokol; odwrotnie może być otrzymany przez ogrzanie kwasu bendżwinowego i glikokolu w zalutowanych rurkach, przyczem wydziela się jedna cząsteczka wody. Syntetycznie może być otrzymany z benzamidu i jednochlorowego kwasu octowego podług wzoru:



Kwas hipurowy w największej ilości znajdujemy w moczu zwierząt trawożernych. Ilość jego w moczu człowieka nie dochodzi 1 gr. na dobę, przeciętnie zaś wynosi 0.7 gr.; jednakże w pewnych warunkach może się zwiększać, szczególnie po spożyciu pewnych pokarmów roślinnych

zwłaszcza jarzyn (szparagów), owoców (śliwek i t. p.). Kwas hipurowy spotykamy także w pocie i we krwi.

W ustroju kwas hipurowy powstaje głównie z kwasu bendżwinowego lub z tych substancyj, które wskutek utlenienia przechodzą w kwas bendżwinowy, jak np. toluol. Skoro więc znajdujemy w moczu kwas hipurowy w większej ilości, to przyczyny musimy szukać zawsze w obecności w pokarmach substancyj, które przyczyniają się do wytworzenia kwasu bendżwinowego, gdyż drugi składnik, tj. glikokol łatwo się wytwarza w ustroju wskutek rozkładu ciał białkowatych. Ponieważ atoli małe ilości kwasu hipurowego znajdujemy także w moczu zwierząt głodzonych, potrzeba więc wnosić, że kwas bendżwinowy może się wytwarzać także w ustroju zwierzęcym wskutek utlenienia białek. Ze rzeczywiście białkowe substancje mogą być źródłem kwasu bendżwinowego mamy dowód także w tem, że kwas bendżwinowy powstaje poza ustrojem z ciał białkowych wskutek gnicia, jak to wykazał Salkowski; mianowicie wśród produktów gnicia białek ma się zawierać kwas fenilo-propionowy, który przez utlenienie może przechodzić w kwas bendżwinowy. Cały ten proces może niewątpliwie się odbywać także w przewodzie pokarmowym; z tego też powodu gnicie w jelitach może być źródłem kwasu hipurowego w moczu, który wskutek dokładnej dezynfekcy przewodu pokarmowego zupełnie znika.

Znaczne ilości kwasu hipurowego w moczu zwierząt trawożernych mogą pochodzić stąd, że 1-mo, białko roślinne łatwo może dawać kwas, fenilopropionowy, a następnie — kwas bendżwinowy, że 2-do, w przewodzie pokarmowym zwierząt trawożernych proces gnicia może się odbywać na większą skalę, niż u zwierząt mięsożernych, a w końcu 3-io, że źródłem kwasu hipurowego, może najobfitszem, są zawarte w pokarmach substancje, należące do kategorii ciał aromatycznych, które w organizmie, bądź w przewodzie pokarmowym, bądź w samych tkankach, przechodzą w kwas bendżwinowy.

Podług Schmiedeberga i Bungego synteza kwasu hipurowego z kwasu bendżwinowego i glikokolu ma się odbywać u psów w nerkach, co do innych zwierząt, jak np. królików, to istnieje mniemanie, że kwas hipurowy może powstawać także w innych narządach, jak np. w wątrobie i mięśniach.

Substancje niezawierające azotu.

Z substancyj organicznych, niezawierających azotu, pierwsze miejsce zajmuje niewątpliwie kwas szczawiowy, który jest składnikiem fizyolo-

gicznym, chociaż go znajdujemy tylko w bardzo małej ilości, a mianowicie do 0.02 gr. na dobę.

Kwas szczawiowy $C_2H_2O_4(=COOH.COOH)$ znajdujemy w moczu w postaci szczawianu wapniowego, który w roztworze fosforanów kwaśnych pozostaje w rozpuszczeniu, jednakże bardzo łatwo z tego roztworu może osiadać, i w takim razie staje się częścią składową rozmaitych osadów, które w moczu wypuszczonym powstają, a nawet może być składnikiem kamieni moczowych w pęcherzu lub w miedniczce nerki.

Skąd pochodzi kwas szczawiowy w moczu do dziś dnia nie wyjaśniono. Wprowadzony do ustroju przez przewód pokarmowy, jak się zdaje, przechodzi przez niego, nie ulegając żadnej zmianie. Ponieważ roślinne pokarmy wogóle, a w szczególności rozmaite owoce i jarzyny, jak np. kapusta, szpinak, sałata, szparagi, jabłka, winogrona i t. p. zawierają kwas szczawiowy, więc oczywiście, że przynajmniej część tego kwasu, o ile on nie został stracony w przewodzie pokarmowym przez sole wapniowe i wydzielony z kałem, zjawia się następnie w moczu. Druga część jednakże niewątpliwie pochodzi albo z materii białkowych lub tłuszczów, albo też wskutek niedostatecznego utlenienia węglowodanów. Pokarm obfity w nukleinę obok kwasu moczowego zwiększa kwas szczawiowy; w podobny sposób działa także pokarm zawierający klej. Że kwas szczawiowy może powstać z białek i tłuszczów, wynika stąd, że podczas wyłącznego żywienia się mięsem i tłuszczem, jak również podczas zupełnego głodzenia się, kwas szczawiowy jednakże zawsze w moczu się znajduje.

Prócz kwasu szczawiowego znajdujemy w moczu prawie zawsze etery kwasu siarkowego, a mianowicie kwasy fenolo-siarkowy $C_6H_5OSO_2OH$ i krezolo-siarkowy $C_7H_7OSO_2OH$. Kwasy te znajdujemy tu w postaci soli obojętnych, przyczem ilość kwasu krezolo-siarkowego jest zwykle znacznie większa, niż fenolo-siarkowego. Ilość ich wogóle się zwiększa, gdy spożywamy pokarmy roślinne, a także gdy wprowadzamy do ustroju kwas karbolowy. Zwiększoną ilość kwasu fenolo-siarkowego spotykamy każdorazowo podczas zwiększonego gnicia w przewodzie pokarmowym, np. podczas zapalenia kiszki grubej, otrzewnej i t. p., również wskutek gnicia w ropniach, znajdujących się w innych częściach ciała.

Z innych substancyj tej kategorii wypada jeszcze wspomnieć o kwasie brenzkatechinowo-siarkowym, indoxylosiarkowym, czyli o tak zwanej uroksantynie, hydrochinonie, które również w moczu się spotykają w postaci soli alkalicznych, jakkolwiek w bardzo małej ilości. Ilość kwasu

indoksylosiarkowego, oznaczona podług ilości indigo w moczu, wynosi według obliczenia Jaffego 5—20 mgr. na dobę.

Barwiki moczu.

Żółte zabarwienie moczu zależy od kilku niedających się rozdzielić substancyj barwikowych. Z pomiędzy nich w świeżym moczu prawie zawsze znajdujemy barwik urobilinę, którego jednakże mocz wypływający nerki nie zawiera, natomiast zawiera jego chromogen, t. z. istotę macierzystą, albo urobilinogen, z której to substancji, dopiero pod wpływem utlenienia, powoli wytwarza się urobilina. Prócz urobilinogenu zawiera mocz także inne substancje, z których również mogą wskutek utlenienia powstawać inne barwiki moczu, jak np. urofeina (Heller), uromelanina (Thudichum) i t. p. Z parzystego kwasu indoksylowego i skatoksylowego mogą powstać także barwiki czerwone, do których najprawdopodobniej należą urrhodina, urorubina, urohematyna i inne.

Urobilina była pierwszy raz wykryta przez Jaffego; następnie MacMunn znalazł, że ciało to zawiera się przeważnie w moczu osób gorączkujących i różni się nieco pod względem optycznym od urobiliny osób zdrowych. Ciało to, według wielu autorów, ma być indentyczne z hydrobilirubiną Maly'ego, z którą posiada jednakowy skład chemiczny: $= C_{32}H_{40}N_4O_7$. Według tych zapatrywań urobilinę wypada uważać za produkt redukcji bilirubiny. I rzeczywiście Maly otrzymał ją sztucznie z bilirubiny, przez działanie H in statu nascenti. Tem się też tłumaczy obecność urobiliny w treści przewodu pokarmowego, gdzie pod wpływem fermentacji wytwarza się H_2 , działa na obecną bilirubinę i przemienia ją w urobilinę. To przypuszczenie nie przemawia jednakże przeciwko temu jakoby urobilina nie mogła powstawać w innych narządach. Jaffe np. znajduje ją w żółci u człowieka, Hoppe Seyber wykazuje możliwość powstawania również pod wpływem wodoru in statu nascenti z hematyny. Już w fizjologii krwi przytoczyliśmy dowody, że podobne do urobiliny ciała można otrzymać przez redukcję hemoglobiny i hematyny zapomocą cyny i kwasu solnego, to samo otrzymano także z hematoporfiryny i innych produktów rozkładowych barwika krwi, tak iż w każdym razie, zdaje się nie ulegać wątpliwości fakt, że urobilina jest jednym z ostatnich produktów rozkładowych barwika krwi.

Z moczu osób gorączkujących, podług Jaffego, urobilina przedstawia się jako proszek bezpostaciowy, zależnie od sposobu otrzymania brudno lub żółtawo-czerwony, rozpuszczalny w wysoku etylowym

i amylowym, w chloroformie i nieco mniej w eterze; mało rozpuszczalny w wodzie przekroplonej; rozpuszczalność substancji tej wzrasta wobec soli obojętnych. Rozpuszcza się również w zgęszczonym roztworze siarkanu amonowego i w roztworach zasad. Z roztworów tych może być strącona, jakkolwiek nie zupełnie, zapomocą kwasu siarkowego i innych kwasów.

Roztwór alkaliczny z solami ciężkich metali, jak np. cynku, ołowiu i t. p. tworzy nierozpuszczalne połączenia. Pomimo swego pokrewieństwa z barwikami żółci nie daje próby Gmelina. Obojętny lub alkaliczny roztwór urobiliny w znacznej koncentracji jest brunatno-żółty, w większych rozcieńczeniach — żółty, właściwie żłocisty i posiada zieloną fluorescencję. Wysokowy lub kwaśny roztwór urobiliny nie daje fluorescencji, natomiast wykazuje słabą linię absorbcyjną, w polu zielonem między b i F , która w bardziej zgęszczonych roztworach przekracza nawet F . Jeżeli do roztworu amoniakalnego urobiliny dodamy nieco roztworu chlorku cynkowego, powstaje piękne czerwone zabarwienie z wybitną zieloną fluorescencją. Roztwór taki daje także widmo absorbcyjne, również między b i F .

Dla wykazania urobiliny możemy się posługiwać barwą alkalicznych lub kwaśnych roztworów, fluorescencją amoniakalnego roztworu z chlorkiem cynku lub też liniami absorbcyjnymi widma.

Prócz wymienionych barwików Thudichum przyjmuje jeszcze osobny barwik *urochrom*, który jednakże, zdaniem innych autorów, jest tylko mieszaniną rozmaitych barwików moczu. Następnie *uroerythrynem* nazwano barwik, którego własności nie znamy, a który w pewnych przypadkach zabarwia osad, powstający w moczu na czerwono (*sedimentum latericium*). Zabarwienie to występuje wybitnie tylko w moczu osób gorączkujących, jednakże może być i w moczu osób zdrowych.

Węglowodany i substancje redukujące.

Prócz wymienionych i opisanych wyżej składników stałych moczu, znajdujemy jeszcze ślady węglowodanów: cukru gronowego, izomaltozy (Boisch), osobnej substancji, podobnej do dekstryny, i innych substancji redukujących, które są prawdopodobnie połączone z kwasem glikuronowym $C_6H_{10}O_7$. Zdolność redukcyjna moczu prawidłowego podług Flückigera wynosi na dobę od $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{1}{2}$, podług Salkowskiego do 4 *pro mille* cukru gronowego.

Sole nieorganiczne.

Prócz składników organicznych, jak wspomnieliśmy wyżej, znajdujemy w moczu cały szereg soli nieorganicznych, wśród których pierwsze miejsce zajmują *chlorki*, a zwłaszcza *chlorek sodu*. Ilość chlorków w moczu podlega wogóle znacznym wahaniom; przy zwykłej jednakże dyecie u człowieka zdrowego, ilość ta wynosi od 10—15 gr. na dobę, lecz może się znacznie zmniejszać lub zwiększać, zależnie od ilości chlorków w pokarmach; nadto wprowadzenie większej ilości wody do ustroju podnosi ilość chlorków. Również zwiększa się ich ilość podczas pracy, zmniejsza podczas spoczynku. Dyaryja, powstawanie wysięków, stan gorączkowy, jak również inne stany chorobowe wogóle zmniejszają ilość chlorków w moczu.

Fosforany. Drugie miejsce wśród składników nieorganicznych wypada przeznaczyć fosforanom, które częścią spotykamy jako jednometalowe MH_2PO_4 , częścią jako dwumetalowe M_2HPO_4 . Obie te kategorie mogą być rozpuszczone w moczu kwaśnym. Według Otta średnio 60% całej ilości fosforanów spotyka się w moczu w postaci soli jednometalowych, 40% zaś w postaci dwumetalowych. Ilość fosforanów, podobnie jak i chlorków, ulega znacznym wahaniom, zależnie od ilości i rodzaju pokarmów; średnio można przyjąć na dobę 2,5gr. P_2O_5 , (według Oertela tylko 2 gr.), wahania mogą wynosić od 1—5 gr. Pewna nieznaczną część kwasu fosforowego w moczu powstaje w samym ustroju, wskutek utlenienia podobnych połączeń, jak nukleina i lecytyna, jednakże największa część pochodzi niewątpliwie z pokarmów, szczególnie jeżeli te zawierają znaczną ilość fosforanów potasowców, wobec nieznaczącej ilości soli wapniowców; w razie jeżeli pokarmy zawierają sole wapnia i magnezu, powstają z kwasem fosforowym nierozpuszczalne połączenia, które pozostają w przewodzie pokarmowym. Podobny fakt mamy u zwierząt trawożnych, których mocz zawiera zwykle bardzo mało fosforanów. Z ilości 2 gr. P_2O_5 Oertel przyjmuje, że 0.05 pozostają w związku z substancjami organicznymi, ilość ta zostaje w prostym stosunku do przemiany azotowej, co by wskazywało, że P pochodzi nie tylko z układu nerwowego i pokarmów, lecz że może mieć źródło i w innych tkankach. Za tem przemawia również i ta okoliczność, że ilość P_2O_5 w moczu zmienia się równolegle do zmian w ogólnej przemianie materii w ustroju, w nocy wydziela się mniej niż we dnie; wpływ pracy mięśniowej jednakże nie jest widoczny.

Siarkany.

Kwas siarkowy zawiera się w moczu w postaci siarkanu sodowego, powstaje zaś w ustroju głównie wskutek utlenienia białek zawierających siarkę. Ilość jego wynosi na dobę $2\frac{1}{2}$ gr. Ponieważ kwas siarkowy pochodzi z białek, więc zostaje w prostym i prawie stałym stosunku do ilości azotu zawartego w moczu; stosunek ten jest $N : H_2SO_4 = 5 : 1$.

Prócz siarkanów, kwas siarkowy wchodzi także w skład połączeń z ciałami organicznymi, o których już wspominaliśmy wyżej.

Ilość sodu i potasu, podług Salkowskiego, podczas użycia mieszanych pokarmów, wynosi na dobę: $K_2O = 3 - 4$ gr. tak, że stosunek $K : Na$
 $N_2O = 5 - 7, 5$

jest jak 3 : 5. Stosunek ten nie jest stały i zależy od zawartości obu pierwiastków w pokarmach. Podczas głodzenia zwierzęcia stosunek potasu do sodu wzrasta, ponieważ ilość potasu w moczu staje się większą, co również ma miejsce podczas stanu gorączkowego.

W moczu człowieka i mięsożernych znajdujemy stale także pewną ilość amoniaku; podług Corandy, przy użyciu pokarmów roślinnych jest ona mniejszą, niż przy użyciu pokarmów mięsnych, w którym to przypadku ilość amoniaku może wynosić do 0.7 gr. na dobę. Ilość ta zwiększa się jeszcze bardziej wskutek diety mięsnej. Amoniak moczu zostaje zwykle w połączeniu z kwasami mineralnymi, szczególnie jeżeli kwasy wprowadzamy wprost do ustroju; w takim razie nawet ilość amoniaku może być znacznie większą od podanej wyżej. W pewnych stanach chorobowych, w których wskutek zwiększonej wymiany materii, wytwarza się większa ilość kwasów, tę samą rolę mogą odgrywać kwasy organiczne, np. podczas gorączki, w cukrzycy (Minkowski), w której powstaje w ustroju osobny kwas organiczny β -oxymasłowy, który się łączy z amoniakiem.

Magn i wapień znajdują się w moczu wyłącznie w postaci fosforanów; ilość ich wynosi do 1 gr. na dobę, z czego wypada $\frac{2}{3}$ na fosforan magnowy a $\frac{1}{3}$ na wapniowy. W moczu kwaśnym znajdujemy fosforany podwójne jedno- i dwumetalowe, z których $CaHPO_4$ w wodzie trudno rozpuszczalny pozostaje w rozpuszczeniu, tylko dzięki obecności fosforanów kwaśnych MH_2PO_4 , chlorku sodu i bezwodnika kwasu węglowego.

Sole w moczu tem się charakteryzują, że stosunek ich między sobą i ilość w samym moczu, jako cieczy, i w popiele, otrzymanym

z moczu przez odparowanie i spalanie, są prawie te same, podczas gdy w krwi i innych cieczach ustroju ilości w samych cieczach są różne od ilości, otrzymanych w popiele. Wyjątek stanowią tylko siarkany, które w moczu znajdują się w większej ilości niż w popiele, otrzymanym z moczu, co stwierdza, że rzeczywiście pewna ilość kwasu siarkowego musi zostawać w moczu w połączeniu z jakimś produktem organicznym.

W moczu znajduje się także pewna ilość *fermentów*, jak np. *ptyalina*, *pepsyna*, *fermenty trzustkowe*, jednak ilość ich jest nieznaczna i zmienna; zwiększa się tylko w okresie trawienia. Znajdywano również *podpuszczkę* (Grützner). Według doświadczeń Helwesa największą ilość tego fermentu znajdujemy w południe. Obecność zasad oraz soli zasadowych niszczy ją szybciej, niż pepsynę.

W końcu wypada jeszcze nadmienić, że w moczu spotykamy także gazy mianowicie CO₂, N i ślady O. Ilość azotu wynosi około 1%, ilość CO₂ — 50%; jednakże ilości te nie są stałe; w moczu kwaśnym np. znajdujemy mniej CO₂, niż w alkalicznym, w którym ilość jego może niekiedy być nawet dwa razy większą, aniżeli w kwaśnym.

Ogólny skład moczu.

Na 6000 analiz moczu dokonanych u 347 zdrowych mężczyzn i 314 kobiet skład moczu był następujący, w 24 godzinach.

U mężczyzn	minim.	max.	śr.	U kobiet	minim.	max.	śr.
ilość (objętość)	1135	1440	1313	ilość	935	1375	1125
Gęstość	1,019	1,027	1,0224	Gęstość	1,0175	1,0247	1,0215
Mocznika	21,24	30,05	26,52	Mocznika	15,918	26,141	20,61
Kwasu moczow.	0,455	0,751	0,596	Kwas moczowy	0,515	0,735	0,566
Kwasu fosforow.	2,617	3,679	3,191	Kwas fosfor.	2,1257	3,165	2,590

Skład ten zależy od wielu okoliczności, a szczególnie od składu pokarmów, ulega znaczym zmianom. Dla przykładu przytaczam 2 analizy Bungego, dokonane u zdrowego młodego człowieka podczas używania pokarmów wyłącznie roślinnych i wyłącznie zwierzęcych.

	mięso	chleb
Ilość objętościowo w c. 24 g. .	1672 ccm.	1920 ccm.
Mocznik	67,2 gr.	20,6 gr.
Kwas moczowy	1,398 gr.	0,253
Kreatynina	2,163	0,961
K ₂ O	3,308	1,314
Na ₂ O	3,991	3,923
CaO	0,328	0,339
MgO	0,294	0,139
Cl	3,817	4,996
SO ₃	4,674	1,265
P ₂ O ₅	3,437	1,658

Z przytoczonej tablicy widzimy, że dyeta mięsna (względnie zwierzęca) zwiększa ilość substancyj, zawierających N, oraz SO₃, P₂O₅, natomiast zmniejsza Cl.

Mechanizm powstawania moczu.

Różne składniki moczu, które przytoczyliśmy wyżej, częścią zawierają się we krwi gotowe, jak np. sole, woda, częścią znajdują się w innych narządach, jak np. mocznik w wątrobie, częścią zaś niewątpliwie powstają w nerkach, jak kwas hipurowy. Zachodzi więc pytanie, w jaki sposób wszystkie te składniki, pochodzące z tak rozmaitych źródeł, przechodzą do moczu.

Narządem, w którym się składniki te zbierają lub wytwarzają, są nerki. Ażeby zdać sobie sprawę, jaki jest sposób powstawania moczu w tym narządzie, musimy przedewszystkiem choć w krótkości zastanowić się nad jego budową.

Budowa nerek. Nerka, jak się łatwo na najprostszym podłużnym lub poprzecznym przekroju przekonać można, składa się z 2-ch substancyj. Jedna zajmuje część powierzchowną, obwodową i zowie się substancją korową, druga zajmuje część środkową nerki i zowie się substancją rdzenną. Obie te substancje różnią się wyraźnie swoim zabarwieniem: podczas gdy substancja korowa ma barwę wyraźnie czerwoną, substancja rdzenna posiada wejrzenie białawe, z wybitnem prążkowaniem promienistym. Już makroskopowo, szczególnie na podłużnym

przekroju, można widzieć, że promienie te schodzą się ku środkowi, w kierunku miedniczki, i tworzą wpuklające się do niej brodawki tak zw. *papillae*, tak iż każdy szereg tych promieni ma kształt rzeczywistego stożka i nosi nazwę stożka Malpighiego. Każdy z takich stożków złożony jest ze stożków mniejszych, łatwo odróżniających się już mikroskopowo. Mniejsze stożki wchodzące w skład stożków Malpighiego nazywają się stożkami Ferreiniego. Każdą parę dwóch sąsiednich stożków oddziela pewna ilość substancji korowej, która się pomiędzy nie zagłębia i zowie się kolumną Bertiniego.

Odpowiednio do tej różnicy w wejrzeniu makroskopowym na przekroju nerki, znajdujemy także różnicę w budowie mikroskopowej. Do badania mikroskopowego sporządzamy cienkie skrawki przez całą grubość nerki, której naczynia są nastrzykane zapomocą masy kitowej lub zabarwionej żelatyny; skrawki takie pod małym powiększeniem, wykazują nam od razu, że substancja korowa różni się tem od rdzennej, że posiada nieporównanie więcej naczyń, a nadto, że naczynia te w niektórych miejscach tworzą kłębki czyli sploty, które wskutek nastrzykania występują wybitnie. Nadto możemy stwierdzić, że gałązki tętnicy nerkowej, przechodzące przez kolumnę Bertiniego na granicy między substancją korową a rdzenną tworzą łuki. przebiegające poprzecznie, od których odchodzą ku górze duże stosunkowo naczynia tętnicze, dzielące się drzewkowato. Każda taka gałązka zostaje w połączeniu ze spletem, zwanym kłębuszkiem Malpighiego. Od tych samych łuków tętniczych odchodzą także naczynia i ku części rdzennej zupełnie promienisto, równoległe do piramid Ferreiniego, jednakże są nieporównanie cieńsze i w znacznie mniejszej ilości. Wogóle ilość naczyń w nerce, a zwłaszcza w substancji korowej jest tak znaczna, że pomiędzy niemi pozostają zaledwo małe wysepki. Te wysepki w części korowej, jak również stożki Ferreiniego w części rdzennej są złożone z cewek, t. j. rurek, które składają się z cienkiej bezpostaciowej osłonki i niższych lub wyższych komórek jednowarstwowego nabłonka. Jeżeli sporządzimy osobny cienki skrawek części korowej, możemy się przekonać, że każdy kłębuszek Malpighiego jest otoczony osobną osłonką z tkanki łącznej i jakby zamknięty w pęcherzyku, zwanym torebką Bowmana. Na takim preparacie możemy się przekonać, a jeszcze lepiej na preparatach rozstrzępionych, że do każdego takiego kłębuszka wchodzi dwie tętniczki, z których jedna grubsza zostaje w połączeniu z ową gałązką tętniczą, idącą prostopadle od łuków tętniczych, druga cieńsza, która zaraz po wyjściu z kłębuszka rozgałęzia się na drobne naczyniuka

włosowate, otaczające owe wysepki, złożone z cewek moczowych. Pod znaczniejszym powiększeniem widzimy, że torebka Bowmana składa się z dwóch warstw, zewnętrznej z tkanki łącznej i wewnętrznej nabłonkowej. Te dwie warstwy szczególnie wybitnie występują w nerce noworodków lub zarodków. W miejscu, gdzie tętniczki wychodzą z torebki, torebka się zwraca na kłębuszek i tworzy dla niego osłonkę, pokrywającą go całkiem, tak iż torebka Bowmana w rzeczywistości składa się z dwóch osłonek: zewnętrznej, przylegającej do tkanki łącznej, i wewnętrznej, przylegającej do spłotu naczyń. Obie te osłonki zwrócone są ku sobie nabłonkiem, i w nerce nienastrzykanej posiadają zwykle między sobą wolną mniej lub więcej obszerną przestrzeń. Na roztrzępionych preparatach nerki widać bardzo dobrze, że prócz 2-ch tętniczek, które tworzą kłębuszek Malpighiego, wprost naprzeciw miejsca, gdzie tętniczki wchodzą, zewnętrzna osłonka torebki Bowmana przechodzi, zwężając się stopniowo, w osobną rurkę, która się następnie nieco rozszerza i jest początkiem kanalików moczowych. Sam kłębuszek Malpighiego, jak to na preparatach szczęśliwie nastrzykanych podwójnym barwikiem widzieć można, przedstawia właściwie tętniczkę palczasto rozgałęziającą się na kilka naczyń włosowatych, które następnie, schodząc się w ten sam sposób, tworzą ponownie jedno naczynie tętnicze, przy czem można się przekonać, że tętniczka szersza zostaje w bezpośrednim związku z tętnicą, od której pochodzi, podczas gdy tętniczka węższa przechodzi w naczynia włosowate; wskutek tego za tętniczkę doprowadzającą krew do kłębuszka, musimy uznać tętniczkę grubszą, za tętniczkę odprowadzającą, tętniczkę cieńszą. Naczyniłka włosowate, tworzące kłębuszek, nie anastomozują z sobą i są tak zwinięte, że istotnie nazwa kłębuszka jest dla nich zupełnie odpowiednią.

Rurki moczowe, biorące początek z owej przestrzeni wolnej pomiędzy dwiema warstwami torebki, posiadają w całej nerce jednakową budowę i przebieg, tak, że gdy się dokładnie zbada jeden kłębuszek Malpighiego i jedną rurkę moczową, ma się najzupełniej dokładne wyobrażenie o budowie całej nerki. Każdy taki kanalik moczowy składa się z kilku różnych części; w gruncie rzeczy można go podzielić na część gruczołową i część przewodową. Część gruczołowa składa się przede wszystkim z części, która zaraz po wyjściu z torebki Bowmana tworzy kilka zgięć i nosi nazwę kanalików krętych pierwszego rzędu, następnie z drugiej części, która biorąc początek od kanalików krętych pierwszego rzędu stopniowo się zwęża, idąc najdokładniej w kierunku promienistym, schodzi

z substancyj korowej ku rdzennej, niekiedy spuszcza się bardzo nisko, prawie aż do samej brodawki, staje się coraz cieńszą i następnie równolegle do poprzedniego kierunku podnosi się ku górze, niekiedy znacznie wyżej od miejsca z którego wyszła, stopniowo się rozszerza i tworzy ponownie zgięcia, zupełnie podobne do poprzednich; ta część zowie się pętlą Henlego, pierwsza jej część — ramieniem zstępującem — druga, wstępującem, zawoje zaś kanalikami krętymi drugiego rzędu. Kanaliki kręte drugiego rzędu przechodzą zapomocą osobnych wstawek w rurki zbiorowe, które przebiegają mniej więcej prostolinijnie, zbierają się po kilka lub kilkanaście razem, tworząc t. zw. rurkę zbiorową, czyli prostą, która stanowi część przewodową. Te ostatnie rurki są już nieco szersze, i one to, wraz ze wszystkimi kanalikami, które do nich wpadają, tworzą piramidę Ferreiniego. Kanaliki proste otwierają się na wierzchołku brodawki, na płaszczyźnie, która nosi nazwę *cribrum benedictum*.

Pierwszą część kanalików moczowych nazwaliśmy częścią gruczołową z tego względu, że nabłonek tej części wyraźnie się różni od nabłonka w rurkach zbiorowych a nawet od wszystkich innych nabłoneków w ustroju, i niewątpliwie odgrywa rolę nabłonka gruczołowego. W rurkach krętych pierwszego rzędu, nabłonek ten składa się z ziarnistych komórek z dużymi jądrami, ułożonemi bardziej ku środkowi. Zewnętrzna część komórek przedstawia palczaste wypustki, a raczej promieniste prążkowanie, które na poprzecznym przekroju komórek nadaje im cechę tworów mętnych i ziarnistych.

W pętli Henlego nabłonek przybiera stopniowo kształt wrzecionowaty, ma wejrzenie jasne, łatwo się barwi, szczególnie w najcieńszej części tej pętli, zwykle jedna komórka tworzy całą rurkę, przy czem komórki są tak ułożone, że jądra ich leżą naprzeciwległe, a ponieważ część komórki, w której leży jądro jest wypukłona, przeto światło kanału ma przebieg falisty, co łatwo można stwierdzić na izolowanych cewkach. Kanaliki kręte drugiego rzędu mają nabłonek podobny do nabłonka kanalików pierwszego rzędu, tylko komórki są nieco niższe. Nabłonek rurek zbiorowych jest wszędzie niski, walcowaty, posiada niekiedy wypustki, zapomocą których komórki się ze sobą łączą. Jedne z tych komórek są jasne, i wyraźnie się barwią rozmaitymi barwikami, drugie na preparatach nie barwionych mają wejrzenie ciemne, na preparatach zaś zabarwionych występują jako komórki słabiej zabarwione. Jądra w obu rodzajach komórek barwią się zupełnie jednakowo.

Rola naczyń i nabłonka. Tylko co opisana budowa nerek, nasuwa niewątpliwie myśl, że w sprawie wytwarzania moczu muszą odgrywać

rolę z jednej strony naczynia, z drugiej rurki moczowe, i że mocz trzeba uważać za produkt, który z jednej strony powstaje wskutek przesączania się płynnych części krwi w kłębuszkach Malpighiego, z drugiej wskutek czynności komórek nabłonka w gruczołowej części kanalików moczowych, przez które przesącz kłębuszków Malpighiego przepływać musi.

Nietylko sama budowa nerek, lecz już anatomiczne położenie jej, i stosunek do naczyń przemawia także za tem. Nerka człowieka i wyższych zwierząt odbiera krew zapomocą tętnicy nerkowej, która odchodzi wprost od aorty i jest stosunkowo do wielkości nerki bardzo znaczną; również krew żylna, która się zbiera z naczyń włosowatych do żyłek, przebiegających zwykle równolegle z tętniczkami, wlewa się wprost do żyły próżnej dolnej, także zapomocą żyły nerkowej. Łatwo zrozumieć, że taki stosunek naczyń do aorty i żyły próżnej z jednej strony musi być warunkiem sprzyjającym znacznej szybkości ruchu krwi w nerkach, z drugiej strony sprawia, że ciśnienie w naczyniach małych, a szczególnie w kłębuszkach Malpighiego, jest wyższe aniżeli w innych naczyniach tej kategorii, ciśnienie bowiem w tętnicy nerkowej może być tylko nieco niższe niż w aorcie, natomiast ciśnienie w żyłę nerkowej bardzo mało wyższe od ciśnienia w żyłę próżnej dolnej, z czego wynika, że różnica ciśnienia między temi dwoma naczyniami jest tak znaczna, jak w żadnym innym narządzie. Jeżeli mocz powstaje wskutek sączenia się krwi w kłębuszkach Malpighiego, to ta szybkość przepływu jak również wysokie ciśnienie są oczywiście warunkami nader przyjaznymi dla aktu przesączania. Jednakże łatwo można obliczyć, że samo przesączanie nie wystarcza do tego, aby wytworzyć całą ilość moczu, którą na dobę nerki produkują, wraz z jego składnikami. Dla przykładu weźmy następujące obliczenie: pies ważący 30 klg., karmiony wyłącznie mięsem, posiada w swem moczu od 30—35 gr. mocznika na dobę, a niekiedy i więcej. Pies taki posiada 2.31 klg. krwi, czyli $\frac{1}{13}$ część wagi swego ciała. Przypuszczając, że całkowity obieg krwi odbywa się u psa w najlepszym razie w ciągu 15 sek. znajdziemy, że w ciągu minuty przez serce przepływa 4×2.31 czyli 9.24 klg. krwi, na dobę zaś 13,305.6 klg. Przypuszczając następnie, że ilość krwi, która przepływa przez nerki zostaje w tym samym stosunku do ciężaru nerki, jaki istnieje w innych narządach, i wiedząc, że nerki stanowią średnio $\frac{1}{200}$ część całego ciała, znajdziemy, że w ciągu doby przez obie nerki przepływa 66.53 klgr. krwi. Przyjmując następnie, że krew zawiera największą ilość mocznika, jaką w niej znajdujemy, t. j. 0.5 na 1000, mielibyśmy w krwi, która przez nerki przepłynie, 33 gr. mocznika, czyli jak raz tyle, ile w ciągu doby, u psa zdrowego tej samej wielkości, w moczu się znaj-

duże. Gdyby wskutek tylko prostego przesączania mocznik przechodzi do moczu, oczywiście stosunek jego w moczu musiałby pozostać ten sam, czyli w takim razie na dobę musielibyśmy mieć 66 klg. moczu. Ponieważ ilość moczu jest znacznie mniejszą, a nadto zawartość mocznika w nim jest o wiele większą niż we krwi, musimy tedy przyjąć, że w każdym razie z przesączu tego woda zostaje napowrót przez nerki wessana, mocznik zaś pozostaje zatrzymany w rurkach moczowych, a więc w każdym razie musielibyśmy przyjąć jakiś osobny mechanizm, który z moczu wprowadza wodę napowrót do krwi, zatrzymując w rurkach moczowych tylko jeden składnik.

W obliczeniu powyższem przyjęliśmy z jednej strony ilość krwi przepływającej przez nerki, stosunkowo bardzo znaczną, z drugiej strony ilość mocznika w krwi najwyższą, jaką spotykamy; w rzeczywistości zaś stosunek ten może być daleko mniej przyjazny, pomimo to ilość mocznika w moczu przy odpowiedniej dyecie bywa zawsze stale ta sama; nadto przyjmując, że mocznik przechodzi do moczu, tylko wskutek przesączenia musielibyśmy zarazem przyjąć, że i inne składniki, jak np. sole, substancje wyciągowe i t. d. a nawet substancje białkowe które w krwi znajdujemy, będą się zawierały w przesączu w tym samym stosunku; tymczasem w rzeczywistości stosunek soli i substancji wyciągowych do mocznika jest znacznie mniejszy w moczu, niż we krwi; oczywiście więc z konieczności zmuszeni jesteśmy przyznać, że w produkcji moczu odgrywają rolę, oprócz filtracji, jeszcze inne czynniki; że jednym z tych jest niewątpliwa czynność nabłonka rurek moczowych. Udział tego nabłonka w produkcji moczu, został do pewnego stopnia stwierdzony zapomocą doświadczeń z niektórymi barwikami.

Jeżeli do układu krwionośnego zwierzęcia wprowadzimy słaby amoniakalny roztwór karminu, to karmin rzeczywiście sączy się w kłębuszkach Malpighiego; jednakże przechodząc przez rurki moczowe, zostaje strącony z roztworu i w rurkach moczowych znajdujemy go już w postaci ziarenek; fakt ten świadczy, że komórki nabłonka rurek moczowych wytwarzają jakiś produkt, oddziaływający kwaśno, który strąca karmin z alkalicznego roztworu. Gdybyśmy zamiast karminu wprowadzili do żyły zwierzęcia, indigo-karmin czyli indycho-siarkan-sodowy, przeciwnie przedtem rdzeń pod rdzeniem przedłużonym, tak, ażeby ciśnienie krwi w naczyniach było bardzo niskie, następnie zaś przez czas dłuższy utrzymali zwierzę przy życiu, stosując sztuczne oddychanie, to po sporządzeniu preparatu mikroskopowego z nerki tego zwierzęcia, moglibyśmy się łatwo przekonać, że barwik ten zostaje wydalany ze krwi tylko

przez komórki rurek moczowych, a mianowicie przez kanaliki kręte pierwszego i drugiego rzędu, podczas gdy nabłonek w kłębuszkach i rurkach zbiorowych zostaje zupełnie niezabarwiony. Jeżeli zwierzę zostało przez dłuższy czas utrzymane przy życiu, to wydzielona ilość indigokarminu może być tak znaczną, że nie tylko wypełni kanaliki krętu pierwszego i drugiego rzędu oraz pętle Henlego, ale nawet może przejść do rurek zbiorowych i do miedniczki. Podobnie u niższych zwierząt, wprowadzając do krwi kwas moczowy, możemy wykazać jego obecność w komórkach rurek moczowych lub też w samych kanalikach, jeżeli preparat nerki stwardnimy w zakwaszonym wysoku.

Fakt, że niektóre substancje wprowadzone do krwi mogą być usuwane z niej zapomocą komórek rurek moczowych, daje podstawę do przypuszczenia, że podobnie się rzecz ma i z niektórymi ciałami, które we krwi jako składniki fizyologiczne się znajdują. Jakkolwiek fakt wydzielania indigo-karminu należy stosunkowo do nowszych zdobyczy fizjologii eksperymentalnej, już w roku 1842 Bowman wprost na podstawie badań budowy nerki, wypowiedział zdanie, że w stanie prawidłowym tylko woda i część soli zostają wyprowadzane przez kłębuszki Malpighiego, wszystkie zaś inne składniki moczu, jak mocznik, kwas moczowy i t. p. są wyprowadzane przez nabłonek rurek moczowych i zabierane przez ciecz, płynącą wciąż z kłębuszków Malpighiego; kłębuszki Malpighiego są mechanizmem regulującym ilość wody we krwi i w całym ustroju, zaś nabłonek rurek moczowych jest narządem gruczołowym, który z jednej strony pewne składniki sam produkuje, z drugiej gotowe zabiera ze krwi, a przeprowadza je do moczu. Jakkolwiek początkowa teoria Bowmanna opierała się bardziej na intuicji, niż na pozytywnych faktach, to jednakże do dziś dnia w rzeczywistości najlepiej odpowiada faktom i można ją uważać za jedyną, która mechanizm wydzielania moczu przynajmniej do pewnego stopnia, wytłumaczyć może.

Przyjmując tedy zależność wydzielania moczu od dwóch czynników, mianowicie od mechanizmu filtracyjnego, który reprezentują kłębuszki Malpighiego, i od aparatu gruczołowego, który się mieści w kanalikach moczowych, już z góry możemy przypuścić, że ilość moczu będzie zależała nasamprzód od warunków, wśród których zostaje w danej chwili krążenie w całym ustroju i w nerce, następnie od obecności pewnych składników we krwi, które bądź powstają w ustroju, bądź też do niego zostają wprowadzone z otoczenia. Rzeczywiście zależność ilości moczu od warunków krążenia można wykazać bardzo łatwo; w tym celu musimy tylko z jednej strony otrzymać moczu wprost z nerki,

z drugiej badać stan ciśnienia krwi w całym ustroju, a prócz tego stan naczyń i ruch krwi w nerce.

W celu zbierania moczu wprost z nerki możemy wstawić kaniulkę do jednego z moczowodów lub też do moczowodu wprowadzić kateter wprost z pęcherza.

Ogólny stan ciśnienia w naczyniach mierzymy, jak zwykle zapomocą manometru. Do badania stanu naczyń w samej nerce posługujemy się osobnym przyrządem zwanym onkografem (rycina 137 i 138). Jest to właściwie pletismograf, w którym umieszcza się nerkę, tak ażeby ruch krwi w niej mógł się odbywać prawidłowo. Każda zmiana w objętości nerki — dzięki osobnemu urządzeniu w tym aparacie — może być zapomocą poligrafu zapisaną na okopconym walcu, tuż obok krzywej ciśnienia krwi.

Przyrząd ten wykazuje, że rzeczywiście objętość nerki zostaje w bardzo ścisłej zależności od ciśnienia krwi, że się zwiększa w miarę wzrostu ciśnienia i zmniejsza podczas opadania, tak iż na krzywej onkograficznej otrzymujemy fale, odpowiadające przedewszystkiem falom pulsowym, następnie oddechowym, i prócz tego falom, świadczącym o zmianie światła naczyń.

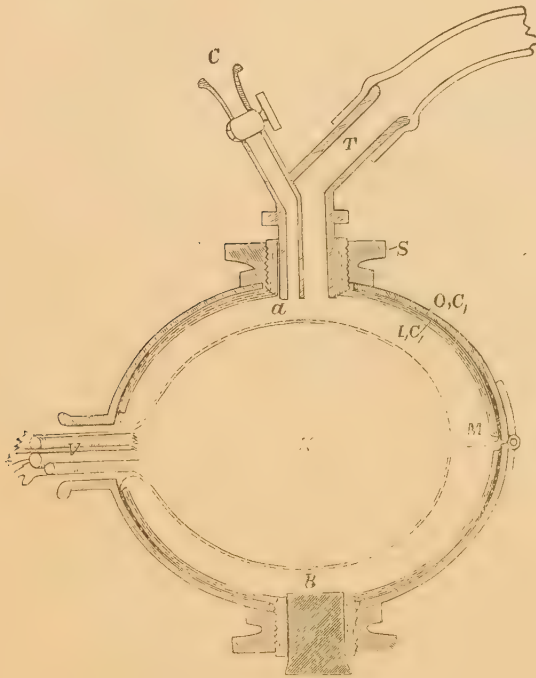
Mając nerkę umieszczoną w onkografie i zbierając współcześnie mocz z moczowodu, możemy rzeczywiście badać wpływ rozmaitych czynników na wydzielanie moczu.

Badania w podobny sposób wykonane, wykazały, 1-mo, że ilość moczu zmniejsza się, jeżeli ciśnienie krwi się obniża, i wzrasta, jeżeli ciśnienie także się wzmacnia; 2-do, że ilość moczu się zwiększa, jeżeli ilość przepływającej przez nerkę krwi wzrasta przy zachowaniu tego samego ciśnienia; wskutek tego przecięcie nerwów nerkowych, zawierających włókna, zwężające naczynia nerki, pociąga za sobą rozszerzenie naczyń i zwiększenie ilości moczu.

Wpływ ujemny obniżenia ciśnienia krwi na ilość moczu występuje: 1-mo po przecięciu nerwów trzewiowych; 2-do po przecięciu rdzenia pacierzowego; 3-io wskutek upustu krwi. Po przecięciu nerwów trzewiowych następuje wprawdzie rozszerzenie naczyń w nerce, jednakże wskutek znacznego obniżenia ciśnienia i zwolnienia szybkości ruchu krwi w nerce, ilość moczu znacznie się zmniejsza. Że w tym przypadku, jak również i w drugim zmniejszenie ilości uryny zależy tylko od ciśnienia, możemy widzieć z tego, że podrażnienie końców dośrodkowych przeciętych nerwów trzewiowych, lub rdzenia pacierzowego, bez względu na to, czy nerwy nerkowe są przecięte, czy nie, wywołując zwiększenie

ciśnienia krwi, zwiększa także, w miarę wzmagania się ciśnienia, i ilość moczu. Również u zwierząt kuraryzowanych, u których ciśnienie jest bardzo niskie, wskutek ogólnego rozszerzenia naczyń, ilość wydzielanego

Rycina 137.



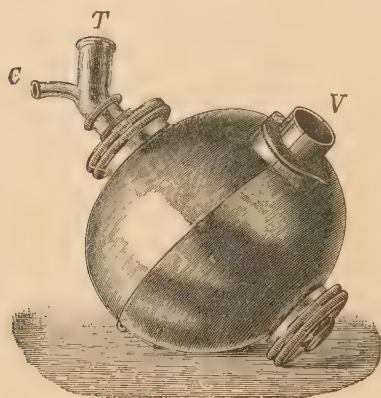
Onkometr w poprzecznym przekroju.

K, nerka, *V*, naczynia, nerwy i wogóle cały hilus renalis. *O, C, L, C*, zewnętrzna i wewnętrzna metaliczne blaszki, umocowane zapomocą śruby *S*, i utrzymujące pomiędzy sobą błonkę gutaperkową *M*, która przylega na całej powierzchni, do nerki i razem z blaszkami metalicznymi tworzy dwie komory: *a* i *B*. Jedna z nich *B*, dolna, zamyka się szczelnie po napełnieniu jej miernem oliwą zapomocą korka *B*, druga zaś *a*, pozostaje w połączeniu z rurkami *C* i *T*. Rurkę *T*, łączy się podczas doświadczenia z zwykłym poligrafem Mareyowskim; rurka zaś *C*, zaopatrzona kurkiem małym służy do napełniania przestrzeni *a* ciepłą oliwą w chwili gdy nerka już jest umieszczona w przyrządzie. Ilość użytej oliwy zależy oczywiście od wielkości nerki.

moczu staje się bardzo nieznaczną, lecz wszelkie podrażnienie nerwów dośrodkowych, czuciowych, jak np. nerwu błędnego, kulszowego i t. p., które pociąga za sobą wzmaganie się ciśnienia krwi, wskutek ogólnego

zwężenia naczyń, wywołuje także zwiększenie ilości moczu, jeżeli nerwy naczyniowe nerki są przecięte, t. j. jeżeli odruchowo nie może nastąpić zwężenie naczyń nerkowych. Podług Dostre'a wprowadzenie roztworu

Rycina 138.



Ten sam onkometr widziany z boku.

Znaczenie liter jak w rycinie 137.

soli do żyły, wogóle zwiększa ilość moczu, zupełnie równolegle do wprowadzonej ilości. Również podług Biernackiego zwiększa się ilość moczu bezpośrednio po wprowadzeniu roztworu soli pod skórę; w dniach następnych do trzeciego stopniowo się zmniejsza, i w dniu trzecim dochodzi do minimum; na 4-tym wraca do normy. Ilość mocznika, siarkanów i fosforanów wogóle także (bezwzględnie) się zwiększa; pierwszy wraca do normy mocznik.

Jednakże bardzo łatwo można się przekonać, że nie tylko sam stan krążenia krwi w nerkach, t. j. pewna szybkość i pewne ciśnienie

są warunkami koniecznymi dla wywołania wydzielania moczu, lecz że istnieje także cały szereg substancyj, które, wprowadzone do krwi mogą zwiększać produkcję moczu, pomimo, że ciśnienie krwi może być niskie i szybkość ruchu krwi małą. Do tej kategorii substancyj należą, wszystkie fizyologiczne składniki moczu, a w szczególności woda, mocznik, kwas moczowy, kreatynina i chlorek sodu. Wprowadzenie tych substancyj do krwi nawet wtedy, kiedy po przecięciu rdzenia pancerzowego wskutek obniżenia ciśnienia krwi wydzielanie moczu zupełnie ustaje, zawsze wywołuje na nowo produkcję moczu, nie pociągając żadnych zmian w ciśnieniu krwi. Oczywiście, że ten fakt, przemawia najwyraźniej przeciwko teorii, która tłumaczy powstanie moczu drogą filtracji.

Najbardziej jednak przeciw teorii filtracji przemawia fakt, że wydzielanie moczu w zupełności ustaje, jeżeli chociaż na krótki czas zaciśniemy żyłę nerkową. Zaciśnięcie lub podwiązanie żyły z konieczności pociągają za sobą zwiększenie ciśnienia krwi w naczyniach włosowatych; oczywiście więc, że to wysokie ciśnienie musiałoby zwiększyć także ilość moczu, tymczasem wydzielanie moczu zupełnie ustaje. Wprawdzie w danym przypadku wchodzi w grę niewątpliwie nowe czynniki

mechaniczne, jak np. ucisk rozszerzonych naczyń włosowatych na kanaliki moczowe; jednakże zupełne zamknięcie kanalików moczowych jest niemożliwe, a w każdym razie ono nie występuje od razu, podczas kiedy wydzielanie moczu ustaje prawie w tej samej chwili, kiedy żyła zostaje zacisniętą. Że naczynia krwionośne mogą rzeczywiście uciskać kanaliki moczowe, możemy wnosić z tego, że kanaliki także oddziałują na naczynia, a mianowicie, jeżeli moczowód połączymy z manometrem i podniesiemy ciśnienie do 60 mm., w takim razie krążenie krwi w nerce prawie zupełnie ustaje, i ilość krwi wypływającej znacznie się zmniejsza. Samo się przez się rozumie, że oddziaływanie to musi być wzajemne: jeżeli ciśnienie w kanalikach moczowych działa na naczynia, to i na odwrót ciśnienie w naczyniach krwionośnych musi oddziaływać na kanaliki moczowe. Lecz jeżeli zwiększone ciśnienie w kanalikach moczowych nie tamuje zupełnie przypływu krwi, to również nie ma podstawy przyjmować, ażeby podniesione ciśnienie w naczyniach tamowało ruch cieczy w kanalikach moczowych; zatrzymanie więc wydzielania się uryny po podwiązaniu żyły możemy uważać tylko jako następstwo zmienionych warunków odżywiania tkanki nerkowej, a w szczególności komórek nabłonka.

Że zmienione warunki odżywiania pociągają za sobą bardzo szybko zmianę wydzieliny nerki, mamy dowód w doświadczeniach Nussbauma. Z anatomii porównawczej wiadomo, że u płazów, a mianowicie u żab i żółwi, istnieje t. zw. *vena portae renalis*; jest to gałązka, odchodząca od żyły udowej, która prowadzi krew do nerki i tam się rozdziela na naczynia włosowate, łączy się z naczyniami włosowatymi, żyłami i tętniczkami nerki i przez żyłę nerkową wpada do żyły próżnej dolnej. Otóż u tych zwierząt, tętniczka nerkowa zaopatruje w krew tylko kłębuszki Malpighiego i małą ilość substancji korowej, natomiast substancja rdzenna i część substancji korowej jest zaopatrzona właśnie krwią, przepływającą przez żyłę wrotną. Ten anatomiczny stosunek naczyń nerki nasunął Nussbaumowi myśl zbadania, jakie zmiany zajdą w wydzielaniu moczu, jeżeli w jednym przypadku podwiążemy tętnicę nerkową, i w ten sposób usuniemy krążenie kłębuszka, w drugim zaś podwiążemy żyłę wrotną. Doświadczenia jego wykazały, że pomimo podwiązania żyły wrotnej, cukier, peptony i białko mogą się zjawiać w urynie; przeciwnie składniki te nie przechodzą do moczu, jeżeli podwiążemy tętnicę nerkową, zaś kwas moczowy można wykazać także po podwiązaniu tętnicy przy zachowaniu krążenia żyły wrotnej. Właśnie te doświadczenia Nussbauma przedstawiają dowód, jak szybko

występują zmiany w elementach nerki, jeżeli zachodzi zmiana w krążeniu. Podwiązanie tętnicy nerkowej na kilka minut wystarcza, ażeby w moczu, który wydziela się po rozluźnieniu lub zdjęciu nitki, zjawilo się białko.

Doświadczenia więc, o których mówiliśmy poprzednio, w związku z doświadczeniami Nussbauma, pozwalają stanowczo wnosić, że proces powstawania moczu jest podwójny: z jednej strony pewna część składników w moczu przechodzi z krwi do zatoki w torebce Bowmana na mocy filtracji i ztąd przepływa przez kanalik moczowy: jest to woda i wszystkie inne rozpuszczone we krwi składniki, z drugiej strony część tych samych składników wnoszą ze krwi do wnętrza kanalików komórki nabłonka rurek moczowych. Część składników w moczu, które się sączą w kłębuszkach j. np. woda, białko i inne, mogą napowrót ulegać wessaniu w kanalikach moczowych i w ten sposób powodować pewną zmianę w składzie pierwotnym tej cieczy. Istnieje cały szereg prac, w których autorowie usiłują dowieść eksperymentalnie istnienie wessania w kanalikach moczowych. Ribbert np. podwiązuje moczowód i wstrzykuje do miedniczki roztwór żelazku potasowego; w godzinę substancję tę wykazuje w wydzielinie drugiej nerki. Przestrzykiwanie pierwszej chlorkiem żelazowym wywołuje zabarwienie błękitu tylko w substancji rdzennej, substancja zaś korowa pozostaje bezbarwną. Bujniewicz obserwował kobietę, u której wskutek urazu nerka została rozdarta na 3 części; 2 boczne usunięto odrazu, środkową zaś pozostawiono po podwiązaniu naczyń. W przypadku tym, po wygojeniu traumy, pozostała przetoka, przez którą wydzielało się na dobę około 1 litra moczu, mocz ten jednak bardzo znacznie się różnił od moczu nerki zdrowej: podczas gdy mocz nerki zdrowej miał punkt zamarzania w t. — 1.24° , — chorej tylko — 0.24 . Soli w pierwszej cieczy było 0,66%, w drugiej 0,30. Badania mikroskopowe pozostałej części wykazały, że kłębuszki były nieuszkodzone, natomiast kanalik w znacznej ilości zaczipowane.

Huber badał ciśnienie, w obec którego ulega wessaniu JK i znalazł, że wessanie JK następuje pod ciśnieniem o wiele niższem, niż to które się obserwuje w miedniczkach po podwiązaniu moczowodów. Lewin i Goldschmidt stwierdzili ten sam fakt w obec strychniny i innych trucizn.

Mimo przytoczonych wyżej faktów istnieją bardzo znaczne różnice w zapatrywaniach autorów na sprawę wessania i wydzielania w kanalikach moczowych. Te same fakta, które jedni autorowie przytaczają

na dowód, że pewne substancje w kanalikach moczowych ulegają wessaniu, służą innym za dowód, że te same substancje mianowicie w tem miejscu są wydzielane.

W ostatnich czasach kilka autorów powtarzało także doświadczenia Nussbauma; wyniki tych doświadczeń są jednak dość sprzeczne ze sobą i z wynikami Nussbauma. Tak Adami po podwiązaniu art. renalis obserwował wydzielanie się moczu tylko po wstrzyknięciu mocznika. Ten sam autor wstrzykując hemoglobinę do krwi, stwierdził jej obecność w kłębuszkach nawet w braku wydzielania moczu, co według niego ma wskazywać, że nabłonek kłębuszków w tym względzie odgrywa czynną rolę. To przypuszczenie usiłował autor wykazać na psach, wywołując sztuczną hämoglobinämie, podczas której znajduje w moczu hemoglobinę, w większej koncentracji niż we krwi. Doświadczenia z barwikami (Drezer) wskazują, że z początku przesącz a właściwie wydzielina w kłębuszkach oddziaływa alkalicznie, że natomiast w rurkach moczowych oddziaływanie staje się kwaśnem pod wpływem prawdopodobnie wydzieliny nabłonka.

W jaki sposób i dla czego te bardzo małe ilości zawartych w krwi substancyj, jak mocznik, kwas moczowy i inne, przechodzą do komórek i przez komórki, wyłómaczyć nie możemy; jednakże sprawy podobne spotykamy bardzo często w ustroju zwierzęcym, nie tylko w nerkach, ale także w innych narządach, zawsze jednak przeważnie w nabłonkach. Wiadomo np. jak wiele morskich niższych zwierząt, pomimo że woda morska zawiera tylko małe ilości soli wapniowych, potrafią wytworzyć zapomocą komórek gruczołowych swojej powierzchni całe konchy, zawierające bardzo znaczną ilość wapna. Być może, że są to sprawy analogiczne.

Wydzielanie moczu różni się od innych czynności wydzielniczych jeszcze tem, że odbywa się wciąż mniej więcej równomiernie, o ile warunki w krążeniu lub w składzie krwi pozostają bez zmiany. Jeżeli wstawimy kaniulkę do moczowodu, to mocz wypływa kroplami, wykazując tylko niekiedy nie znaczne zwolnienie lub przyspieszenie.

Ruch moczu w moczowodzie w warunkach prawidłowych u człowieka odbywa się głównie wskutek działania ciężkości, jednakże oprócz siły ciężenia i *vis a tergo*, którą przedstawia ciśnienie w kanalikach moczowych i kłębuszkach Malpighiego, czynnikiem, ułatwiającym to przejście, jest także ruch robaczkowy moczowodu. Szybkość tego ruchu wynosi około 30 mm. na sekundę; jestto ruch stosunkowo bardzo powolny i wogóle przypomina ruch robaczkowy jelit; fala tego ruchu roz-

poczyna się od miedniczki i stopniowo przenosi się ku dołowi. Ciśnienie, pod którym kropla moczu posuwa się w moczowodzie jest stosunkowo bardzo niskie; jednakże jeżeli moczowód połączymy z manometrem, ciśnienie to może wzrastać do 35—40 mm. słupa rtęci, przyczem dalsze wydzielanie moczu zwykle ustaje. Ciśnienie kresowe jest wogóle zależne od ciśnienia krwi: jeżeli to ostatnie się wzmacnia, wydzielanie moczu ponownie może nastąpić. Badanie ruchu krwi, podczas zmian ciśnienia w moczowodzie wykazuje, że szybkość krwi, względnie ilość krwi wypływającej z żyły, zmienia się odwrotnie, t. j. wzmacnia się podczas ciśnienia niskiego w moczowodzie i zmniejsza się gdy ciśnienie to wzrasta.

Rola układu nerwowego. Dotychczas rozważaliśmy wyłącznie zależność wydzielania moczu od ciśnienia i składu krwi. Ponieważ w fizjologii innych gruczołów widzieliśmy, że czynność ich zależy od układu nerwowego, zachodzi więc pytanie czy i funkcja nerek nie zależy także od wpływów nerwowych, bez względu na szybkość ruchu krwi i obecność w niej tych lub innych składników. Poszukiwania w tym względzie do dziś dnia w gruncie rzeczy nie dostarczyły żadnych dodatnich wyników, jednakże istnieją spostrzeżenia, że stany psychiczne mogą oddziaływać na powstanie moczu, że wszystkie afekty, silne wstrząśnienia nerwowe i umysłowe zwiększają ilość moczu; prócz tego stwierdzono, że pewne uszkodzenia w okolicy rdzenia przedłożonego, np. t. zw. ukłucie Klaudiusza Bernarda, może znacznie zwiększać ilość moczu, spowodować poliurię, a w niektórych razach nawet zmienić jego skład, wskutek obecności cukru (sztuczny diabetes mellitus). Jednakże wszystkim tym zmianom, tak pod wpływem stanów psychicznych, jakoteż pod wpływem uszkodzenia rdzenia przedłużonego, towarzyszy także zmiana w stanie naczyń i dla tego nie można wykluczyć prostego wpływu zmiany warunków krążenia krwi w nerce, które jak widzieliśmy wyżej zmieniają ilość moczu, tembardziej, że sama obecność cukru może świadczyć o spowodowaniu podobnych zmian w krążeniu wątroby, tak że właściwie wydzielniczych nerwów dla nerki, jeszcze nie wykazano.

Akt wydalania moczu na zewnątrz.

Mocz, wciąż wydzielany w nerkach, spływa przez moczowody do pęcherza moczowego, gdzie zostaje przez pewien czas przechowany. Wejście moczowodów do pęcherza jest przykryte fałdem błony śluzo-

wej w kształcie kłapy, tak że ciśnienie moczu w pęcherzu zaciska otwór, przez który mocz wchodzi; przez to w kierunku odwrotnym do nerki ani kropla moczu z pęcherza wydostać się nie może. Z pęcherza prowadzi na zewnątrz kanał, który nazywamy cewką moczową. W ścianie tego kanału zaraz u wejścia znajdujemy pierścieniowate zgrubienie z mięśni gładkich, które bezpośrednio przechodzi na szyję pęcherza i odgrywa rolę zwieracza (*sphincter vesicae internus*); tę samą rolę do pewnego stopnia wypełniają u mężczyzn i innych samców mięśnie w gruczole krokowym (*prostate*). Mięśnie te, a w szczególności zwieracz zostają w stanie skurczu tężcowego, wskutek czego wejście do cewki moczowej jest stale zamknięte. W skład ściany pęcherza wchodzi także osobny mięsień, gładki, tworzący błonę mięsną, zwany, *detrusor urinae*. Włókna mięsne tej błony przebiegają w części pierścieniowato, w części podłużnie i pozostają w bezpośrednim związku z owym pierścieniem z komórek mięśni gładkich, które znajdujemy przy wejściu do cewki moczowej, a które nazwaliśmy zwieraczem pęcherza. Jeżeli mięsień *detrusor* przechodzi w stan skurczu, to błona śluzowa pęcherza tworzy fałdy, które wypełniają cały pęcherz, tak iż pomiędzy nimi niema prawie wolnej przestrzeni; w miarę nagromadzenia się moczu, pęcherz stopniowo się rozkurcza i może dojść do objętości, zdolnej pomieścić 1.5—1.8 klgr. moczu. Ponieważ nagromadzający się w pęcherzu mocz stopniowo rozciąga jego ściany, ciśnienie cieczy w pęcherzu również stopniowo wzrasta i w pęcherzu napełnionym może dojść do czterdziestu kilku cm. słupa wody. Pomimo tak znacznego ciśnienia ciecz pozostaje w pęcherzu, i nie wchodzi do cewki moczowej, raz dla tego, że wyjściu temu przeszkadza zwieracz, drugi raz dlatego, że wogóle sprzyja temu budowa cewki moczowej: obecność w niej włókien sprężystych utrzymuje ją w stanie ściśniętym tak, że potrzeba pewnej siły do pokonania tej sprężystości. Gdy jednakże pęcherz zostanie do pewnego stopnia napełniony, napięcie ścian jego drażni nerwy czuciowe błony śluzowej i mięsnej, i w ten sposób wywołuje u nas osobne charakterystyczne czucie, które świadczy o przepełnieniu pęcherza i przechodzi w pożądanie wydalenia moczu. Pożądanie to jeszcze bardziej się zwiększa, jeżeli w miarę zwiększonego ciśnienia, kropla moczu wciśnie się do cewki moczowej, i tu zadrażni błonę śluzową na początku cewki. Ponieważ wydzielanie moczu zawsze poprzedza skurcz pęcherza, skutkiem tego niektórzy autorowie nie przypisują żadnego znaczenia drażnieniu cewki moczowej moczem, jednakże

obserwacje podczas katetyzacji oraz w pewnych przypadkach cierpień dróg moczowych za tem przemawiają.

Gdy pożądanie to dochodzi do największego natężenia, powstaje odruchowo, mimo naszej woli, skurcz mięśni pęcherza, wskutek czego ciśnienie w pęcherzu tak znacznie wzrasta, że pokonywa skurcz zwieracza i włókien sprężystych cewki, a moc z pewną siłą zostaje wyrzucony na zewnątrz. Raz wywołany skurcz detruzora trwa zwykle dopóty, dopóki pęcherz w zupełności nie zostanie opróżniony.

Łatwość, z jaką współcześnie z rozpoczęciem się skurczu detruzora rozluźnia się zwieracz, zmusza nas do przypuszczenia, że rozszerzenie zwieracza nie jest wyłącznym wynikiem zwiększonego ciśnienia w pęcherzu, lecz jest także aktem fizyologicznym, polegającym na zahamowaniu tych mechanizmów nerwowych, które utrzymują zwieracz w stanie czynnym. Jednocześnie ze skurczem detruzora przechodzi w skurcz okresowy u mężczyzny także *musculus bulbo-cavernosus*, który uciskając okresowo cewkę moczową, przyspiesza wypływ strumienia moczu, a nadto kurczą się mięśnie brzucha, podobnie jak podczas aktu defekacji.

Ścisły związek zwieracza z detruzorem podał niektórym autorom myśl, że właściwie nagromadzone pierścieniowate komórki mięsne, nie odgrywają roli zwieracza, lecz, że przechodząc w skurcz najpóźniej, t. j. w chwili, kiedy już cały detruzor skurczył się do minimum, służą do dokładniejszego usunięcia moczu z pęcherza. Jednakże okoliczność, że pęcherz u zwierząt prawidłowych i zdrowych, np. u psa może, zawierając ciecz pod ciśnieniem wyższym nawet niż 40 cm. słupa wody, i ciecz ta nie może pokonać oporu, jaki przedstawia wejście do cewki moczowej, a natomiast u zwierząt ze zniszczonym rdzeniem kręgowym ciśnienie w pęcherzu może być doprowadzone tylko do 12 cm. słupa wody, świadczy, że w danym przypadku mamy rzeczywiście do czynienia z mechanizmem mięsnym, zależnym od osobnych ośrodków nerwowych, które utrzymują go zwykle w stanie tonicznego skurczu.

Sam akt wyprowadzenia moczu na zewnątrz na pierwszy rzut oka wydaje się aktem zależnym zupełnie od woli: czujemy, że możemy dowolnie kurczyć mięśnie brzucha, nawet kurczyć *musculus ejaculator urinae* oraz *constrictor uretrae*, współcześnie jednakże z *constrictorem ani*, a ponieważ jednocześnie zwykle zostaje pokonany opór, który przedstawia wejście do cewki moczowej i zaczynamy wydawać urynę na zewnątrz, więc i skurcz detruzora mimowoli uważamy za skurcz dowolny. Jednakże pewne doświadczenia, jak np. Goltza nad zwie-

rzętami, z przeciętym rdzeniem kręgowym ponad kręgami lędźwiowymi, świadczą, że akt ten może zupełnie dokładnie się odbywać także bez naszej woli, a więc, że impulsy dowolne wpływają na pęcherz tylko pośrednio. Oczywiście że po przecięciu rdzenia impulsy dowolne na pęcherz wpływać nie mogły. Jeżeli u tak operowanego i wyleczonego zwierzęcia pęcherz jest wypełniony moczem, wystarcza najslabsze podrażnienie w okolicy odbytnicy lub cewki moczowej, np. potarcie, dotyk, ucisk, ażeby cały akt wydalenia moczu odbył się tak samo, jak u zwierzęcia prawidłowego, przyczem występuje nawet czynność *m. ejaculatoris urinae*. Te spostrzeżenia zmuszają do przyjęcia, że w części lędźwiowej rdzenia, przynajmniej u psa, leżą osobne ośrodki, kierujące aktem wyprowadzenia moczu na zewnątrz. Ośrodki te jednakże muszą być dwójakiego rodzaju, jedno wskutek podrażnienia wywołują skurcz pęcherza i *ejaculatoris urinae*, drugie stale utrzymują zwieracz cewki moczowej w stanie tonicznego skurczu. Te ostatnie zostają zahamowane podczas przejścia w stan czynny pierwszych, tak, że jednocześnie z rozpoczynającym się skurczem detruzora występuje rozluźnienie zwieracza.

Podobny fakt odruchowego wydzielania moczu możemy obserwować także u człowieka w przypadkach, gdzie mamy traumatyczne uszkodzenia rdzenia, lub inne sprawy chorobowe, pociągające za sobą zupełną przerwę w przewodnictwie rdzenia, między jego górną i dolną połową (*myelitis transversa*), również u dzieci, u których akt ten staje się skutkiem nadzwyczajnej pobudliwości narządów leżących w miednicy, np. części płciowych, zupełnie mimowolnym. Mimowolny akt oddawania uryny może wystąpić także u ludzi zupełnie prawidłowych wskutek wstrząszeń i emocyi psychicznych, np. strachu. Wszystkie te fakta razem przemawiają za tem, że i podczas zwykłego aktu oddawania moczu dowolne impulsy wpływają nie bezpośrednio na pęcherz, lecz prawdopodobnie na jego ośrodki w rdzeniu lędźwiowym, i jednocześnie wywołują stan czynny tych ośrodków i hamują czynność grupy ośrodków, utrzymujących stale zwieracz w stanie tonicznego kurczu. W każdym razie wpływ woli może powstrzymać odruch podczas silnego napełnienia pęcherza, i pobudzić cały aparat do ruchu pomimo, że pęcherz może zawierać tylko małą ilość moczu.

Niezależnie od wpływów dowolnych z kory mózgowej ośrodki w rdzeniu lędźwiowym mogą być wprawione w stan czynny, jak to zauważyliśmy wyżej, i w drodze odruchowej wskutek podrażnienia pewnych nerwów czuciowych; podług Sokownina podrażnienie wszystkich

nerwów czuciowych u zwierzęcia z nieuszkodzonym rdzeniem i mózgiem może wywołać skurcz pęcherza, a zwłaszcza najłatwiej wtedy, jeżeli podrażnimy nerwy, leżące blisko pęcherza. Tem się tłumaczy, że w przypadkach kiedy wydzielanie moczu jest wstrzymane wskutek zwężenia szyjki pęcherza, lub uwięźnięcia jakiegoś ciała w tej szyjce, podrażnienie nerwów w ścianie pęcherza, z powodu znacznego napięcia jego ścian, powoduje tak znaczny kurcz, połączony z uczuciem bólu, że stan taki należy do najbardziej przykrych, jakie wogóle człowiekowi przytrafić się mogą. Jednakże wypada odróżnić (Nawrocki, Skabiczewski), jak to już zresztą Sokownik zauważył, odruchowy wpływ wszystkich nerwów czuciowych ciała, od nerwów pęcherza, albowiem gdy drażnienie nerwów czuciowych np. błędnego wywołuje skurcz tylko pod warunkiem, jeżeli mózg i rdzeń zostają ze sobą w związku, przecięcie zaś na wysokości pierwszego kręgu szyjnego wpływ ten odrazu znosi, drażnienie własnych nerwów pęcherza, przebiegających przeważnie przez tylne korzonki od pierwszego do czwartego, a głównie do 2-go do 3-go nerwów krzyżowych wywołuje skurcz pęcherza, także po przecięciu rdzenia, nawet poniżej 12-tego kręgu piersiowego, zapomocą ośrodków nerwowych rdzenia lędźwiowego. Odruch ten przebiega z tylnych korzonków nerwów krzyżowych na 2-gą i 3-cią parę przednich, przyczem przecięcie *nervus hypogastricus* nie odgrywa żadnej roli. Nerwy sympatyczne, zdaniem tych autorów, przebiegają wyłącznie przez nerwy *hypogastrici* i podrażnienie jednego może się przenosić na drugi, zapomocą *ganglion mesentericum inferius*. Twierdzenia Nussbauma, że podobne włókna zawarte są także w nerwach sympatycznych przykręgowych (*Grenzstrang*) autorowie stwierdzić nie mogli. Doświadczenia te więc stwierdzają dawniejsze przypuszczenia Nawrockiego i innych, że po zniszczeniu rdzenia lędźwiowego rolę środków odruchowych bierze na siebie *ganglion mesentericum inferius* i że tak skurcz pęcherza, jak również toniczny stan zwieracza, do pewnego stopnia zapomocą tego ośrodka wywołane być mogą.

b) Wydzielina skóry.

P o t.

Do kategorii wydalin wypada zaliczyć także produkty wytwarzane zapomocą gruczołów potnych, które znajdujemy w skórze.

Zbieranie potu. W celu zebrania większej ilości potu, niezbędnej do badania, możemy u człowieka posługiwać się sztucznem ogrzewaniem

powietrza do 60°, np. w łaźni parowej, i zbierać ściekającą po skórze ciecz do osobnego naczynia, w którym badanego ustawiamy. Chcąc mieć wydalinę możliwie czystą, musimy przedtem skórę człowieka dokładnie wymyć mydłem i opłukać wodą przekroploną. Małe ilości, np. kilka kropel, możemy otrzymać u człowieka z czoła, u zwierząt z łapek.

Skład potu. Ciecz w powyższy sposób zebrana jest mętna, posiada charakterystyczny zapach, słonawy smak, i zwykle oddziaływa kwaśno.

Męt i osad, który w cieczy znajdujemy składa się przeważnie z komórek naskórka zrogowaciałego, który podczas pocenia się z powierzchni się łuszczy i razem z potem spływa.

Ciecz ta nie może oczywiście dać dokładnego wyobrażenia o składzie potu, gdyż pomimo najskrupulatniejszego oczyszczenia skóry zawsze tu wchodzi, jako domieszka, pewna ilość składników, znajdujących się między komórkami zrogowaciałego nabłonka lub w warstwach głębszych, t. np. znajdujemy w niej zawsze pewną ilość kropelek tłuszczu, który najprawdopodobniej pochodzi z gruczołów łojowych skóry.

Pot pomimo obecności substancyj stałych posiada ciężar gatunkowy bardzo niski: wogóle zawiera bardzo mało ciał stałych, tak iż podług Funkego przeciętnie ilość ich wynosi 1.18%, przyczem może się wahać od 0.69—2.55%.

Ciała stałe składają się w części z substancyj organicznych, w części z substancyj nieorganicznych. Organicznych substancyj jest zwykle więcej; wśród nich znajdujemy: tłuszcze obojętne — palmitynowy i stearynowy, glicerynę, kwasy tłuszczowe, jak: octowy, mrówkowy, masłowy, kaprynowy i kapronowy i inne. Składniki te jednak ulegają znacznym wahaniom co do ilości i wzajemnego stosunku. Nadto znajdujemy ślady białka, podobnego do kazeiny, ślady mocznika, jak podaje Funke, w ilości $\frac{1}{10}$ %, i jako produkt rozkładowy tego ostatniego sole amoniakalne, nadto Kast wykazał obecność kwasu siarkowego w połączeniu z katoksylem i fenolem, Fischbaum zaś wykazał obecność kwasu moczowego. Ilość białka niekiedy jednakże może być dość znaczną, jak np. w pie niącym się pocie u koni, jak to wykazał A. Leclerc. Pot taki po wyschnięciu pozostawia na skórze i sierści skorupki. Ilość mocznika na dobę w wydzielinie gruczołów potnych, ma, zdaniem niektórych autorów, wynosić około 10 gr., jest to jednakże ilość stanowczo za wysoka; w warunkach bowiem prawidłowych ilość mocznika w pocie nie przekracza 4 gr. Tylko podczas uremii oraz w cholerze ilość mocznika może być tak znaczną, że kryształły tej substancji pozostają na powierzchni skóry. Mineralne substancje złożone są przeważnie z chlor-

ków, siarkanów, fosforanów potasowców, w największej ilości znajdujemy chlorek sodu, od którego też zależy słonawy smak potu.

W postaci cieczy pot zjawia się na powierzchni skóry tylko w pewnych wyjątkowych warunkach; w rzeczywistości jednak i wtedy, kiedy na powierzchni skóry nie znajdujemy najmniejszych śladów cieczy, gruczoły potne mniej lub więcej energicznie funkcyonują, i wskutek tego z powierzchni skóry wciąż ulatnia się pewna ilość wody, a razem z nią niektóre lotne składniki. Straty, które ustrój ponosi, w ten sposób, nie są tak nieznaczne jakby się to wydawać mogło. To całkowite ulatnianie się potu, przy powolnem parowaniu, nazywamy *przeziwem niewidzialnym*, albo *niewyraźnym*, dla odróżnienia od tych strat, które są widoczne, gdy pot występuje w postaci cieczy, a które nazywamy *przeziwem widzialnym* albo *wyraźnym*.

Sposoby badania. Dla zbadania przeziwu niewidzialnego i oznaczenia jego natężenia możemy postępować w sposób dwojaki. Albo zastosowujemy gutaperkowy nieprzemakalny rękaw, w którym umieszczamy cały ustrój badany, lub tylko pewną jego część np. nogę lub rękę i badamy stan powietrza w tym rękawie, które wskutek przeziwu swój skład zmienia, albo zastosowujemy metodę higroskopijną. W pierwszym przypadku możemy dokładnie oznaczyć ilość substancyj, które po pewnym czasie przybyły w zamkniętej przestrzeni. To samo możemy otrzymać, przeprowadzając powietrze przez ów rękaw, i oznaczając w pewnych odstępach zmiany, które w niem zachodzą. Zapomocą tego sposobu badania możemy stwierdzić, że z powierzchni ciała wydziela się H_2O i CO_2 ; ilość CO_2 jak wykazały doświadczenia H. Aubert'a na dobę maximum wynosi 6.3 gr. minimum 2.3. Metoda druga nadaje się szczególnie w tych przypadkach, gdzie idzie tylko o badanie powierzchowne straty wody.

Do tego celu bardzo się nadaje higroskop Boulana, który w każdej pracowni może być bardzo łatwo skonstruowany. Składa się on z małego pęcherzyka organicznego, np. błony surowiczej żołądka żaby, i rurki szklanej włosowatej, takiej, jaka się używa np. do zwykłych termometrów. W celu sporządzenia takiego pęcherzyka nasamprzód podwiązujemy dwunastnicę tuż pod żołądkiem, następnie wywracamy żołądek błoną śluzową na zewnątrz i ostrożnie ją wraz z błoną mięsną zeszkrobujemy, tak iż pozostaje tylko cieniutka błona surowicza; woreczek ten po nadmuchianiu kładziemy do wysoku i eteru, następnie ponownie do wody; gdy na nowo przesiąknie wodą i stanie się miękkim, napełniamy go rtęcią i umocowujemy w nim jednym końcem szklaną rurkę włosowatą, która dla udogodnienia obserwacyi może być ponad pęcherzykiem

zwinęta w kształcie sprężyny zegarkowej, albo przynajmniej zgięta pod kątem prostym. W miarę, jak taki pęcherzyk przedtem wilgotny zaczyna wysychać, zmniejsza swoją objętość i ściga się, w skutek czego, rtęć wchodzi do rurki i wypełnia ją coraz wyżej, dochodząc do *maximum* wtedy, gdy cały przyrząd umieszczony jest w przestrzeni bezwzględnie suchej. Miejsce do którego rtęć dochodzi w tym przypadku, oznaczamy znakiem i stawiamy tu zero. Dla oznaczenia drugiego punktu, umieszczamy pęcherzyk w przestrzeni nasyconej parą wodną, w takim razie rtęć się obniża i miejsce, do którego rtęć najbardziej spada, oznaczamy przez 100. Jeżeli rurka jest jednakowej grubości, można ją teraz podzielić na równe części, i posługiwać się do oznaczenia z wielką dokładnością transpiracyi pewnych przestrzeni skóry. W tym celu pęcherzyk umieszczamy w lejku lub w innem naczyniu, które przyłożone do skóry zajmuje oznaczoną jej przestrzeń.

Przyrządem tym możemy łatwo wykazać, że transpiracya w różnych miejscach skóry nie jest jednakowa. Ustawiony na dłoni lub policzku, na plecach lub udzie przez szybkość, z jaką rtęć opada w 1 minucie, wykazuje nam, że w pierwszych 2-ch okolicach przeziwu niewidzialny odbywa się o wiele szybciej niż w 2-ch ostatnich. Pomimo tych różnic można się jednakże przekonać, że przeziwu niewidzialny w mniejszym lub większym stopniu istnieje na całej powierzchni skóry, i że się zmienia zależnie od ogólnego stanu ustroju.

Ilość strat przez skórę bądź w postaci przeziwu niewidzialnego, bądź widzialnego jest dość znaczną. Według Seguina ilość wody, którą tracimy przez skórę, zostaje w stosunku traconej przez płuca jak 11:7; podług Funkego ilość wody straconej przez skórę może się wahać od 2—20 kgr. na dobę. Straty te zależą naprzód od własności otoczenia, od pokarmów, którymi się ustrój odżywia, od ilości wprowadzonej wody, od pracy fizycznej; może także się zmieniać pod wpływem stanów psychicznych oraz pewnych środków, które działają bądź na ustrój nerwowy, bądź na sam mechanizm wydzielniczy, jak działają np. niektóre trucizny. Co do wpływu otoczenia, to ilość wydaliny skórnej wzrasta w miarę podniesienia się temperatury otoczenia, i dochodzi do *maximum* przy temperaturze mniej więcej 50°C; niska temperatura otoczenia jak również i wyższa nad 50° zmniejszają ilość potu.

Ilość potu zwiększa się także wskutek wprowadzenia do ustroju znacznej ilości płynu ogrzanego, oraz pod wpływem czynników i warunków, które podnoszą czynność serca i ciśnienie w naczyniach włosowatych, jak np. zwiększona czynność mięśni. Być może jednakże, że

w tym ostatnim przypadku wpływ na czynność gruczołów jest następstwem bezpośredniego działania na gruczoły potne pewnych składników chemicznych, które podczas skurczu mięśni w nich się wywiązują.

Z substancyj trujących zwiększają wydzielinę potną: pilokarpina, strychnina, muscaryna, nikotyna, kamfora i sole amoniakalne; inne znowu, jak atropina i morfina, zażyte nawet w bardzo małych ilościach, wydalinę wstrzymują.

Wydzielnicza czynność skóry zostaje w pewnym antagonizmie z czynnością nerek: w warunkach, w których się zwiększa ilość wydalinę skórnej zmniejsza się ilość moczu. Dlatego w lecie, kiedy temperatura otoczenia jest wysoka, nasycenie zaś powietrza parą wodną względnie małe, tracimy przez skórę wody znacznie więcej, niż w zimie, natomiast w ilości moczu zachodzi stosunek odwrotny.

Jeżeli ilość potu wśród pewnych warunków się zwiększa, to jednocześnie staje się on rzadszym: zawartość soli, mocznika i innych składników stosunkowo staje się mniejszą; natomiast współcześnie w moczu zachodzi stosunek odwrotny: wydalamy go mniej i on jest bardziej zgęszczony.

Zależność przeziwu od układu nerwowego. Jednocześnie ze zwiększoną funkcją gruczołów skóry, zwykle spostrzega się także większe lub mniejsze jej zaczerwienienie; na tej podstawie powstało przypuszczenie, że czynność gruczołów potnych zależy w gruncie rzeczy od stanu naczyń i że większa lub mniejsza ilość potu zależy od większego lub mniejszego przekrwienia okolicy, w której gruczoły potne się znajdują. Jednakże jakkolwiek zależność taka niewątpliwie istnieje, ma ona tylko drugorzędne znaczenie, w gruncie rzeczy czynność wydzielnicza gruczołów potnych, podobnie jak innych gruczołów, zostaje w zależności od układu nerwowego, a mianowicie od osobnych ośrodków nerwowych i tak zwanych *nerwów potnych*. Nerwy te przebiegają zwykle razem z nerwami naczyniowymi. Wpływ ich najwyraźniej można udowodnić, drażniąc nerwy tej lub innej kończyny, np. łapki kota zaraz po odcięciu kończyny od tułowia. Oczywiście w tym przypadku drażnienie nerwów nie może wywoływać zmian w krążeniu krwi, gdyż nie tylko krążenia, lecz nawet krwi łapka nie posiada, a mimo to na łapce bardzo łatwo można spostrzedz kropelki wydzielającego się potu.

Nerwy wydzielnicze potu podług Luchsingera dla tylnej kończyny (u kota) leżą w nerwie kulszowym i dlatego drażnienie tego nerwu wykazuje najlepiej zależność gruczołów potnych od układu nerwowego; wchodzą one do nerwu kulszowego albo wprost z rdzenia pacierzowego,

albo w części przez włókna nerwu sympatycznego z jamy brzusznej, do którego dochodzą z dolnej części rdzenia piersiowego przez *rami communicantes*. Ośrodki dla nerwów mają leżeć w dolnej części rdzenia piersiowego i w górnej części rdzenia lędźwiowego.

Podobne ośrodki dla górnych kończyn mają leżeć w dolnej połowie rdzenia szyjnego, skąd włókna wydzielnicze przez *plexus brachialis* przechodzą do przednich kończyn.

Ośrodki nerwów potnych mogą być zadrażnione bezpośrednio, przedewszystkiem wskutek przepełnienia krwi bezwodnikiem kwasu węglowego, np. wtedy gdy zwierzę się dusi; z tego też powodu prawdopodobnie można obserwować wydzielanie się potu podczas asfiksji i agonii; następnie wskutek wysokiej temperatury krwi, wreszcie wskutek obecności w krwi niektórych wyżej wymienionych trucizn. Mogą one również być podrażnione odruchowo przez podrażnienie nerwów czuciowych (np. *n. cruralis*).

Jeżeli przetniemy nerw kulszowy u kota młodego z białymi łapkami i wsadzimy kota do suchej przestrzeni ogrzanej do 40 kilku stopni, to po pewnym czasie wszystkie trzy zdrowe łapki będą zaczerwienione i pokryte potem, podczas gdy na łapce z przeciętym nerwem, mimo zaczerwienienia potu nie dostrzeżemy. Z tego możemy wnosić, że i w tym przypadku wydzielanie się potu powstaje nie wskutek bezpośredniego działania temperatury na gruczoły, lecz w drodze odruchowej wskutek działania na nerwy czuciowe.

Co do innych okolic ciała, jak np. głowy lub twarzy, to doświadczeń, któreby wykazywały zależność gruczołów potnych od układu nerwowego u zwierząt nie posiadamy, gdyż przeprowadzenie ich jest bardzo trudne i tylko do pewnego stopnia, jak np. u konia i świni mogły być wykonane. Wszelako, na podstawie tych nielicznych doświadczeń, jakoteż na podstawie spostrzeżeń w niektórych przypadkach chorobowych u człowieka, można przypuścić, że nerwy wydzielnicze potne dobiegają do tych okolic ze zwoju piersiowego, przechodzą przez zwoje sympatyczne i podnoszą się ku górze, gdzie się prawdopodobnie łączą z gałązkami nerwu trójdzielnego, wskutek czego drażnienie np. *nervus infraorbitalis* wywołuje zwiększoną wydzielinę potu w całej okolicy, do której nerw ten dochodzi. Być może jednakże, że nerwy wydzielnicze wychodzą wprost także przez korzonki nerwu trójdzielnego i twarzowego.

Niektórzy autorowie przyjmują jeszcze osobny ośrodek nerwowy w półkulach mózgowych, i tem tłómaczą wpływ pewnych stanów psy-

chicznych na wydzielanie się potu, jednakże wpływ ten można łatwo wytłómaczyć i bez przyjęcia osobnego ośrodka, uważając go jako czynność, towarzyszącą stanom psychicznym kory mózgowej, jak to widzieliśmy już kilkakrotnie wyżej. Nadto przyjmują niektórzy jeszcze osobny ośrodek dla całego ustroju w rdzeniu przedłużonym: zdaniem ich drażnienie dośrodkowego końca nerwu kulszowego, które zwykle odruchowo wywołuje wydzielanie się potu na kończynie z nieuszkodzonym nerwem, pozostaje bez skutku, jeżeli rdzeń pod rdzeniem przedłużonym zostanie przecięty; jednakże Luchsinger wykazał, że można otrzymać, jakkolwiek słabsze, wydzielanie się potu na łapce zdrowej nawet po przecięciu rdzenia koło 10 kręgu piersiowego.

U niektórych osób odruchowe wydzielanie potu może występować także przy zadrażnieniu nerwu węchowego lub smakowego, np. zimny pot na czole przy użyciu octu u prof. Landoisa.

c) Mleko.

Do kategorii wydaliny wypadają także zaliczyć mleko, jednakże zachodzi zasadnicza różnica między wydalinią, o których mówiliśmy wyżej, t. j. moczem i potem, a mlekiem. Mleko jest wydalinią o tyle, że zawiera w sobie produkta powstające w ustroju, które dla samego ustroju są zbyteczne i nie mogą być przez ustrój zużytkowane, lecz tak te produkta, które wchodzi w skład mleka, jakoteż sposób ich powstawania zasadniczo się różnią od produktów zawartych w moczu lub potcie. Mocz i pot powstają ostatecznie także w gruczołach, jednakże główne składniki obu tych wydaliny, jak widzieliśmy wyżej, jeżeli nie całkowicie w tej postaci, w jakiej się zawierają w tych wydalinach, to przynajmniej, w postaci ciał zbliżonych swoim składem do nich, powstają w innych tkankach, są produktami spraw i zmian zachodzących w innych narządach, podczas gdy substancje, które znajdujemy w mleku, wytwarzają się rzeczywiście tylko w samych elementach gruczołu mlecznego. Różni się jeszcze wydalina ta i pod tym względem od poprzednich, że zjawia się w ustroju tylko u jednej płci i tylko w pewnym okresie jej życia, przytem sama czynność wydzielnicza nie jest bynajmniej niezbędnie potrzebną dla ustroju posiadającego ten gruczoł.

Budowa gruczołu mlecznego.

Gruczoł mleczny ze względu na budowę swoją należy do gruczołów gronowych, i stosownie do stanu, w którym badamy go, przedsta-

wia się rozmaicie. Dopóki gruczoł nie jest w stanie czynnym, jak np. u osobników młodych żeńskich lub męskich przez całe życie, istnieją w gruczole prawie wyłącznie tylko przewody, przytem w ilości dość ograniczonej, zakończone ślepymi torebkami; z chwilą, gdy w ustroju żeńskim nastąpią warunki, które gruczoł do czynności pobudzają, a mianowicie, gdy nastąpi okres ciąży, zaczyna się znaczne przyspieszenie rozwoju wszystkich przewodów: ilość ich się zwiększa, zakończenie zaś każdego stopniowo się rozszerza, przybiera kształt mniej lub więcej owalny kolbkowaty. Wskutek takiego przerostu dopiero w tym okresie rozwoju gruczoł mleczny nabiera cech gruczołu gro nowego.

Wszystkie przewody gruczołu mlecznego, zlewając się po kilka, tworzą większe przewody wyprowadzające, które się kończą zwykle w brodawkach sutkowych, w osobnych rozszerzeniach kolbkowatych (*sinus*), te zaś na powierzchni brodawek uchodzą na zewnątrz zapomocą mniej lub więcej wąskich kanalików. Przewody i pęcherzyki gruczołu mlecznego są od wewnątrz wyścielone komórkami cylindrycznego niskiego przybłonka, które z początku wcale nie zawierają tłuszczu i innych charakterystycznych dla siebie składników i w zupełności przypominają cylindryczne komórki innych gruczołów. Dopiero gdy ciąża zbliża się ku końcowi, zmienia się cały obraz gruczołu: w komórkach nabłonka zwłaszcza w pęcherzykach zjawiają się z początku drobne, następnie im bliżej ku środkowi coraz bardziej zwiększające się kuleczki tłuszczu, które wychodzą następnie z komórek do cieczy, wypełniającej także w tym czasie pęcherzyk; niekiedy razem z kuleczkami tłuszczu odpadają same komórki. Tego rodzaju treść wypełnia pęcherzyk i przewody całego gruczołu. Ciecz ta jednakże z początku znacznie się różni od zwykłego mleka, zawiera, bowiem stosunkowo bardzo dużo białka surowiczego, oraz całych komórek przybłonka, wypełnionych kuleczkami tłuszczu; nazywamy ją siarą (*colostrum*) lub młodziwem, ciążka zaś w niej zawarte — ciążkami siary (*corpuscula colostri*).

Jakkolwiek czynność gruczołu mlecznego ze względu na znaczenie jego wydaliny dla zachowania gatunku ma bardzo wielką doniosłość, to jednak znamy ją tylko bardzo powierzchownie, w każdym razie o wiele gorzej, niż czynność gruczołów ślinowych. Co gorsza, że nawet skład samej wydaliny, jak. np. skład mleka kobiecego, jest nam bardzo mało znany i pod tym względem możemy się tylko poszczycić jaką taką znajomością mleka krowiego.

O komórkach gruczołu możemy powiedzieć tylko tyle, że proto-

plazma ich zawiera dużo białka, które, jak zwykle się przyjmuje, w przeważnej części składa się z kazeiny lub osobnej substancji, pokrewnej z kazeiną. Jeżeli z gruczołu mlekowego dokładnie usuniemy drogą wymywania mleko, pozostałe komórki gruczołu zawierają jeszcze znaczną ilość białka, które pęcznieje za dodaniem rozcieńczonych zasad np. 1—2% ługu potasowego i przybiera kształt śluzowatej, dającej się wyciągać w nitki substancji. Białko to w części przynajmniej składa się z nukleo-albuminy, która pod wpływem zasad stopniowo ulega zmianie. Nukleo-albumina należy do substancji bardzo pokrewnych ze substancjami śluzowatymi, gdyż pod wpływem gotowania z rozcieńczonymi kwasami daje podobną jak tamte substancję redukującą. Jeżeli gotujemy gruczoł mlekowy w wodzie, protoplazma komórek rozkłada się i nukleo-albumina przechodzi do roztworu. Dodanie kwasu octowego do tego roztworu strąca ją. Gotowana z kwasami mineralnymi daje osobne połączenie redukujące, którego przyrody nie znamy. Gdy gruczoł jest w stanie czynnym, stałym składnikiem komórek jest prawie zawsze tłuszcz.

Skład mleka i jego własności.

Ponieważ, jak zauważyliśmy wyżej, z pomiędzy różnych gatunków mleka najdokładniej znamy mleko krowie, wszystko więc, co będziemy mówili o mleku niżej, dotyczy właściwie mleka krowiego.

Mleko jestto ciecz, w której w postaci zawiesiny znajdujemy kuleczki tłuszczu, w rozpuszczeniu zaś substancje białkowe, cukier i sole. Obecność kuleczek tłuszczu czyni mleko nieprzezroczystem, białem lub białawo-żółtem i tylko w cienkich warstwach białawo-błękitnem (siwem). Mleko ma słaby charakterystyczny zapach i zlekka słodkawy smak, podwójne oddziaływanie, t. j. działa tak na czerwone jak również na niebieskie papierki lakmusowe; niekiedy oddziaływanie jego jest słabo alkaliczne. Ciężar gatunkowy mleka krowiego w temperaturze 16°C wynosi od 1.028—1.0345.

Na powietrzu oddziaływanie stopniowo się zmienia w kwaśne; przyczyna tego zjawiska polega na przemianie cukru mlekowego w kwas mlekowy; jest to sprawa fermentacyjna, zależna od obecności osobnego fermentu, który bądź pochodzi już z gruczołu, bądź też powstaje wskutek działania niższych ustrojów, dostających się z powietrza do mleka.

Mleko świeże podczas gotowania nie krzepnie i tylko na powierz-

chni powstaje cienka warstwa, tak zwany kożuszek, który składa się ze strąconej kazeiny i soli wapniowych. Jeżeli kożuszek usuniemy, to się zaraz wytwarza nowy. Im słabiej występuje oddziaływanie obojętne, i im bardziej się zwiększa oddziaływanie kwaśne, tem łatwiej mleko krzepnie podczas gotowania. Mleko świeże nie krzepnie także podczas przepuszczania przez nie prądu CO_2 ; przeciwnie mleko, które przez pewien czas stało na powietrzu, krzepnie bardzo łatwo pod wpływem CO_2 . Gdy oddziaływanie staje się wybitnie kwaśnem, mleko krzepnie w temperaturze pokojowej lub nawet niższej.

Jeżeli mleko zagotujemy zaraz po wydojeniu, i w ten sposób je wyjałowimy, a następnie pozostawimy w takich warunkach, aby niższe ustroje nie mogły się do niego dostać, to powstrzymamy zupełnie wytwarzanie się kwasu mlekowego, i możemy mleko przechować dowolnie długo w stanie nie skrzepłym. Jednakże nie sama tylko obecność kwasu mlekowego jest warunkiem, powodującym krzepnienie mleka; wspominaliśmy już wyżej o osobnym fermentie zwanym *podpuszczką*, który dodany do mleka nawet obojętnie lub podwójnie oddziaływającego, pociąga zsiadanie się mleka, które się odbywa bez żadnej zmiany w oddziaływaniu. Tak podczas krzepnięcia wskutek wytwarzania się kwasu mlekowego, jak wskutek działania podpuszczki, mleko krowie przechodzi w stan stały w sposób zupełnie podobny do krzepnięcia krwi, t. j. ze stanu zupełnie płynnego przechodzi z początku w stan mniej płynny, w końcu zaś w stan prawie stały, przybierając kształt naczyń, w którym się znajduje, tak iż może być krajane nożem. Skrzep ten coraz bardziej się kurczy, wskutek czego pomiędzy ścianą naczyń a samym skrzepem powstaje ciecz, zwana *serwatką*, analogiczną do surowicy krwi, a zawierającą sole, cukier, kwasy, jeżeli one powstały, i wszystkie inne składniki, pozostające w rozpuszczeniu, natomiast w skrzepie pozostaje kazeina, stanowiąca główną masę skrzepu, i kuleczki tłuszczu. Jeżeli mleko świeże zaraz po wydojeniu poddamy działaniu centryfugi, to wskutek stosunkowo znacznie mniejszego ciężaru gatunkowego kuleczek tłuszczu, niż samej cieczy, kuleczki te zbierają się na powierzchni, tworząc mniej lub więcej grubą warstwę, stosownie do ilości tłuszczu w mleku. Podobne oddzielanie się kuleczek tłuszczu odbywa się także, jeżeli mleko pozostaje jakiś czas w stanie płynnym; a nawet już w kilka minut po wydojeniu ilość kuleczek w górnych warstwach mleka jest zawsze większą, niż w dolnych, w kilka zaś godzin różnica ta może być nawet bardzo znaczną.

Tę górną warstwę, zawierającą najwięcej kuleczek tłuszczu, nazy-

wamy *śmietaną słodką*; jeżeli mleko zostaje w spokoju przez czas dłuższy na powietrzu, to ilość kuleczek tłuszczu na powierzchni staje się bardzo znaczną i tworzy mniej lub więcej grubą warstwę, która zawiera bardzo mało kazeiny nawet wtedy, gdy mleko ulega kiśnieniu i krzepnie; taką warstwę nazywamy *śmietaną kwaśną*. Łatwość z jaką kuleczki tłuszczu wznoszą się na powierzchnię mleka, zależy oczywiście od ciężaru gatunkowego cieczy oraz ciężaru gatunkowego samych kuleczek, który ulega znacznym zmianom; podług Bohra przy 15° ciężar gatunkowy kuleczek tłuszczu waha się od 0.949—0.996.

Rycina 139.



Tłuszcz wydzielany z mleka, a właściwie ze śmietany, nazywamy *masłem*, składa się on przeważnie z tłuszczów obojętnych: palmitynowego, oleinowego i stearynowego, zawiera jednakże w małej ilości trójglicerydy kwasu masłowego, kapronowego, kaprylowego, kaprynowego i miristinowego. Masło wystawione na działanie słońca zawiera, jak twierdzą, także kwas mrówkowy (Duclaux). Masło krowie zawiera prócz tego małą ilość cholestearyny, lecytyny i osobny żółty barwik. Co do stosunku kwasów tłuszczowych do siebie, to podług Duclaux przypada 30—40% na kwas oleinowy; a 60—70% na inne kwasy. Znajomość tego stosunku ma znaczenie ze względu na rozpoznanie różnych falsyfikatów masła krowiego.

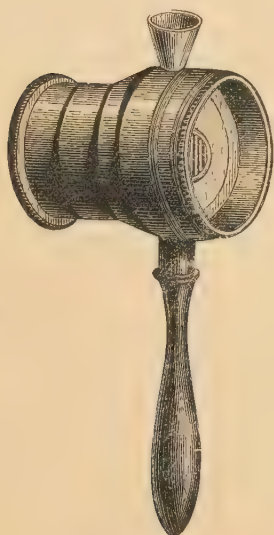
Do oznaczenia ilości tłuszczu w mleku posługujemy się osobnymi przyrządami, zwanymi kremometrami, lakto-butyrometrami, laktoskopami itp.

Jako taki kremometr może służyć zwykła rurka (patrz rycinę 139) probiercza podzielona na 100 części, do której nalewamy mleka i wody w równych ilościach i dodajemy szczyptę dwuwęglanu sodowego. Jeżeli po dokładnem mieszaniu zostawimy taką rurkę w spokoju, kuleczki tłuszczu bardzo łatwo się podnoszą do góry i ilość podziałek od góry, która przypada na tłuszcz, od razu wykazuje procentową zawartość tłuszczu w mleku.

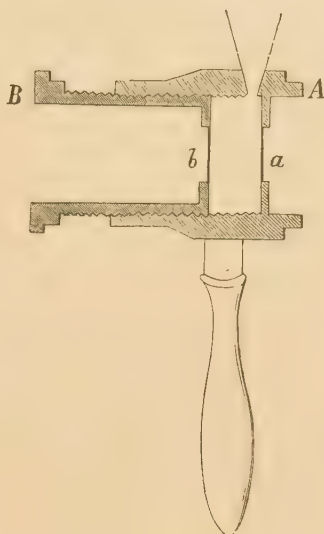
Z laktoskopów można wymienić przyrząd Donnego (patrz rycinę 140 i 141), który składa się z dwóch rurek, wśrubowanych jedna w drugą, zakończonych zapomocą dwóch szklanych płytek; rurki te, a właściwie szklane płytki, mogą być zapomocą śruby więcej lub mniej

do siebie zbliżone. Przyrząd napełnia się mlekiem rozcieńczonem wodą zapomocą osobnego lejka, a następnie patrzymy przezeń z odległości metra na płomień świecy. Napełniwszy przyrząd rozczyntem mleka,

Rycina 140.



Rycina 141.



skręcamy rurki mniej lub więcej, patrząc wciąż na świecę, aż kontury płomienia świecy nie znikną; ze stopnia skręcenia sądzimy o ilości tłuszczu w mleku na podstawie utworzonej przedtem skali.

Wszystkie te przyrządy jednak mogą być używane tylko w celach praktycznych dla oznaczenia ilości tłuszczu w przybliżeniu, lecz dla badań ściśle naukowych absolutnie się nie nadają. W tym ostatnim przypadku wypada oznaczać ilość tłuszczu osobną metodą; a mianowicie sporządza się wyciąg eteryczny z danej ilości mleka i po odparowaniu eteru oznacza się ilość tłuszczu za pomocą ważenia. Średnio w mleku krowiem ilość tłuszczu wynosi około 4^o/₁₀.

Według Bohra średnica kuleczek tłuszczowych może wynosić od 0·00014—0·0063 mm., zaś ilość od 2¹/₂—11¹/₂ miliona czyli średnio 6 milionów w 1 cm³. Według Aschersona kuleczki tłuszczu w rozczyntach alkalicznych białkowatych zawsze posiadają ciekłą białkowatą osłonkę; ponieważ mleko podczas wstrząsania z eterem bardzo powoli i tylko w obec nadmiaru eteru tłuszcz do rozczyntu oddaje, podczas gdy

dodanie zasad, które białko rozpuszczają, sprawę tę bardzo znacznie ułatwia, powstało mniemanie, że i w mleku kuleczki tłuszczu taką osłonkę posiadają. Jednakże w rzeczywistości osłonki tej do dzisiejszego dnia stanowczo nie wykazano, a okoliczność, że tłuszcz z mleka w jakikolwiek sposób skrzepłego bardzo łatwo daje się wyługować eterem (nawet po strąceniu mleka za pomocą podpuszczki), daje podstawę do przypuszczenia, że jeżeli osłonka w rzeczywistości istnieje, składa się ona z płynnej kazeiny, która w chwili krzepnięcia pozostawia tłuszcz zupełnie wolnym. Cieniuchne warstewki kazeiny, utrzymujące się na powierzchni tłuszczu, prawdopodobnie wskutek molekularnej atrakcji, mają to znaczenie, że powstrzymują w mleku zlewanie się kuleczek z sobą i wytwarzanie się kul większych; oczywiście, że skutkiem tego wszelkie chemiczne lub fizyczne warunki, które zmieniają stan kazeiny, jak to w rzeczywistości ma miejsce, muszą ułatwiać sporządzanie eterycznych wyciągów z mleka.

Płynną część mleka, w której zawarte są kuleczki tłuszczu, możemy przez analogią ze krwią nazwać plazmą lub osoczem mleka. Plazma zawiera w rozpuszczeniu ciała białkowe, cukier i sole. Z ciał białkowych znajdujemy tu prawie zawsze w największej ilości trzy następujące: kazeinę, laktoglobulinę i osobne białko surowicze — laktoalbuminę. Prócz tych składników osocze mleka zawiera także pewną ilość substancji wyciągowych, ślady mocznika, kreatyniny, lecytyny, hypoxantyny, cholestearyny, kwasu cytrynowego (1 pro 1000) a także gazy.

Kazeina należy do substancji białkowatych, a mianowicie do nukleoalbuminów; jest to substancja, którą dotychczas dokładnie wykazano tylko w mleku. Skład jej: $C_{53}H_{71}N_{15.7}S_{0.8}P_{0.85}O_{22.65}$ a więc się różni od innych substancji białkowych zawartością fosforu. Według Hoppe-Seylera kazeina w roztworach obojętnych skręca płaszczyznę polaryzacji, jakkolwiek stopień skręcania podlega pewnym wahaniom i zachodzi wątpliwość, czy w rozmaitych rodzajach kazeiny jest jeden i ten sam. Kazeina w wodzie i roztworach obojętnych soli rozpuszcza się bardzo mało, posiada ona własności słabego kwasu i dlatego łatwiej się rozpuszcza w wodzie słabo alkalicznej; również rozpuszcza się w wodzie, zawierającej węglan wapniowy, przyczem wydziela z roztworu CO_2 . Jeżeli do roztworu kazeiny w wodzie wapniowej będziemy stopniowo dolewali kwasu fosforowego rozcieńczonego aż do otrzymania obojętnej reakcji, to kazeina pozornie pozostaje w roztworze, jednakże jest ona, prawdopodobnie, tylko w stanie silnego napęcznienia podobnie jak i w mleku. W cieczy samej, zawierającej kazeinę, znajdujemy także obfitą ilość fosforanu wapnio-

wego w rozpuszczeniu; roztwór taki opalizuje i przy ogrzaniu ma wejście mleka, zawierającego mało tłuszczu. Na tej podstawie wypada przyjąć, że białe zabarwienie mleka w części zależy także od kazeiny i fosforanu wapniowego. Taki roztwór kazeiny ogrzany do zagotowania się nie krzepnie, natomiast podobnie, jak w mleku wytwarza na powierzchni kożuszek. Dodanie słabych kwasów i zmiana oddziaływania na kwaśne strąca kazeinę, przyczem obecność soli obojętnych działa jako czynnik wstrzymujący strącenie i z tego powodu wypada więcej dodać kwasu do strącenia kazeiny z mleka niż strącając ją z czystego roztworu.

Strącona kazeina rozpuszcza się ponownie szczególnie łatwo w nadmiarze kwasu solnego, i mniej łatwo w nadmiarze kwasu octowego. Kazeina może być z roztworów strącona za pomocą soli kuchennej, siarkanu magnezowego i innych soli ciężkich metali, przyczem osad przedstawia zupełnie obojętną kazeinę.

Najcharakterystyczniejszą cechą kazeiny jest jej własność strącania się z roztworów wobec pewnej ilości soli wapniowych za pomocą podpuszczki. Jakkolwiek niewątpliwie w tym przypadku czynnikiem strącającym jest podpuszczka, to jednak działanie jej może mieć miejsce tylko wobec soli wapniowych (Arthus). Według Hammarstena sole wapniowe można zastąpić solami barowymi, stroncyanowymi i magnezowymi, również kwas fosforowy można zastąpić przez CO_2 lub SO_4H_2 . Według Soxhleta mają tu znaczenie tylko sole wapniowe rozpuszczalne, podczas gdy np. fosforan wapniowy nie ma żadnego wpływu.

Chemizm samego wypadania kazeiny dotychczas nie jest dokładnie wyjaśniony, jednakże pewne spostrzeżenia przemawiają za tem, że kazeina przechodzi przytem w osobną, w wodzie nierozpuszczalną substancję, *parakazeinę*, która stanowi główny produkt i tylko w części przechodzi w substancję łatwiej rozpuszczalną, mniej węgla i azotu zawierającą niż kazeina, tak zwane *białko mleczne* (Molkeneiweiss). Parakazeina pod wpływem podpuszczki nie ulega już dalszym zmianom i nie posiada zdolności utrzymywania fosforanu wapniowego w roztworze. Jeżeli dodamy podpuszczki do roztworu kazeiny nie zawierającego soli wapniowych, to chociaż roztwór się nie strąca, jednak kazeina przechodzi w taki stan, że gdy wskutek szybkiego ogrzania zniszczymy ferment, dodanie soli wapniowych po oziębieniu wywołuje krzepnięcie kazeiny, a głównym składnikiem skrzepu jest parakazeina. Z tego wynika, że działanie podpuszczki na kazeinę może mieć miejsce i wobec braku soli wapniowych, które są potrzebne tylko do wytworzenia parakazeiny.

Dla otrzymania kazeiny możemy postępować w sposób następujący: mleko rońcieniamy czterema objętościami wody i dolewamy do tego roztworu 0.75—1 p. mille kwasu octowego; otrzymany osad kazeiny przemylamy kilkakrotnie wodą i płuczemy w kwasie octowym ponownie wymywając wodą. Następnie usuwamy tłuszcz z osadu wysokiem i eterem. Ilość kazeiny wynosi średnio około 3%.

Białko mleczne *laktoglobulinę* otrzymał Sebelien z mleka krowiego, nasycając je solą kuchenną *in substantia*. Białko to, o ile dotychczas je zbadano, ma własności serumglobulin.

Białko surowicze (laktoalbumina) mleka zostało wykryte i dokładnie zbadane przez Sebeliena, ma ono skład $C_{52.19}H_{7.18}N_{15.77}S_{1.73}O_{23.13}$ i posiada wszystkie własności białka surowiczego, krzepnie stosownie do koncentracji i ilości soli w roztworze w temperaturze od 72—84°C; różni się zaś od białka surowiczego tylko bardzo niskim stopniem skręcania płaszczyzny polaryzacji. Otrzymać je można, podobnie jak białko surowicze, przez zagotowanie cieczy, z której kazeina została przedtem strącona. Ilość jego = 0.5%.

Obecności innych substancji białkowatych np. peptonów stanowczo nie wykazano.

Cukier mleczny, laktoza, $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$, przybierając jedną cząsteczkę wody rozpada się na dekstrozę i galaktozę; pod wpływem rozcieńczonego kwasu azotowego daje CO_2 , kwas szczawiowy, winowy i lusowy, kwas śluzowy, który można otrzymać także z dulcytu, gum i śluzów roślinnych. Działaniem amalgamatu sodu z cukru mlekowego można otrzymać dulecyt, mannit i kwas mlekowy; pod wpływem zasad między innymi produktami cukier mleczny daje kwas mlekowy. Cukier mleczny znajdujemy w mleku wszystkich zwierząt bez wyjątku, a co ważniejsza, znajdujemy go także w moczu podczas okresu laktacji u samsk, zwłaszcza, jeżeli wydzielanie mleka zostaje powstrzymane.

W stanie czystym ciałko to jest bezbarwne, krystalizujące się w postaci rombicnych kryształków, zawierających 1 cząsteczkę wody, którą utracą wśród powolnego ogrzewania do 10°, nieco łatwiej w wyższej temperaturze. W temperaturze 170°—180° cukier mleczny przechodzi w brunatną, bezpostaciową masę tak zwaną *lactokaramel*, mający skład $C_6H_{10}O_5$.

Cukier mleczny rozpuszcza się w 6 częściach wody zimnej i w 2 1/2 częściach wody gorącej; roztwór ma bardzo słaby słodki smak. W eterze i absolutnym wysoku nie rozpuszcza się. W roztworach zasad tworzy połączenia w wysoku nierozpuszczalne.

Zwykle drożdże nie działają na cukier mleczny, jednakże są osobne gatunki grzybków drożdżowych, pod wpływem których cukier mleczny przechodzi w wyskok, wytwarzając współcześnie kwas mlekowy. Na tej podstawie może być z mleka sporządzany napój wyskokowy, (kumys lub kefir).

Dla oznaczenia i wykrycia cukru mlekowego możemy się posługiwać tą samą próbą, co przy wykryciu cukru gronowego (Trommera, bismutowa i inne). Nadto cukier mlekowy redukuje w roztworach alkalicznych tlenek rtęci; ogrzany z octanem fenilhydrasinowym po oziębieniu daje żółty krystaliczny osad o składzie $C_{24}H_{32}H_4O_9$.

Różni się od cukru trzcinowego tem, że daje próbę Moore'a (t. j. zmianę zabarwiania roztworu pod wpływem ługu sodowego lub potasowego, podczas ogrzania na żółtą, pomarańczową żółto-brunatną i brunatną z zapachem karmelu) i bizmutową, oraz tem, że przy ogrzaniu z bezwodnym kwasem szczawiowym do 100° nie ciemnieje, zaś od cukru gronowego i maltozy różni się tylko innym współczynnikiem rozpuszczalności i formą krystaliczną, a także tem, że nie ulega fermentacji pod wpływem zwykłych drożdży; że pod wpływem kwasu azotowego przechodzi w kwas śluzowy. Ilość cukru mlekowego wynosi około 4,5%.

Skład części mineralnych w mleku rozmaitych zwierząt jest bardzo rozmaity; na 1000 części:

	mleko kobiety	mleko krowie
K_2O	0.780	1.77
Na_2O	0.232	1.11
CaO	0.328	1.60
MgO	0.21	0.064
P_2O_5	1.97	0.473
Cl	1.70	0.438

Nadto Bunge wykazał obecność żelaza, mianowicie Fe_2O_3 w ilości 0.0035. Według Söldnera K, Na i Cl zawierają się w mleku w tych samych ilościach, w jakich są w surowicy mleka. Kwasu fosforowego znajdujemy o 36—56% mniej w osoczu mleka, niż w samym mleku jak również o 53—62% mniej soli wapniowych: oczywiście więc, że część wapniowych połączeń i kwasu fosforowego musi zostawać w jakimś związku z kazeiną.

Nadto znajdujemy w mleku pewną ilość gazów, a mianowicie według Pflügera 10% CO_2 , 0.6% N i ślady O.

Skład mleka nie tylko pod względem składników mineralnych ale i pod względem białka, cukru i tłuszczu u rozmaitych ssaków jest bardzo różny. Przyczynę różnic Bunge upatruje w różnicy wzrostu noworodków. Mleko zwierząt, które rosną szybciej, musi zawierać więcej składników, które dla wzrostu ustroju są niezbędne, a więc białko i sole nieorganiczne aniżeli rosnące powoli; analizy mleka kilka następujących zwierząt przypuszczenie to stwierdzają:

	białko	popiół
kobiety . .	1.4	0.22
klaczy . .	1.8	0.41
krowy . .	4.0	0.80
suki . .	9.4	1.31

Sprawą dalszego wykazania zależności pomiędzy składem mleka i wzrostem zajmowali się uczniowie Bungego Fr. Pröscher i E. Abderhalden. Ze składników popiołu uwzględnili oni kwas fosforowy i wapno, jako składniki na równi z białkiem niezbędne do budowy ustroju, rezultat tych badań przedstawia następująca tablica:

	Czas, w ciągu którego następuje zdwojenie wagi noworodka.	100 części mleka zawierają			
		białka	popiołu	wapna	kwasu fosfor.
człowiek . .	180 dni	1.6	0.2	0.033	0.047
koń . . .	60 »	2.0	0.4	0.124	0.131
wół . . .	47 »	3.5	0.7	0.160	0.197
koza . . .	22 »	3.7	0.8	0.197	0.284
owca . . .	15 »	4.9	0.8	0.245	0.293
świnia . .	14 »	5.2	0.8	0.249	0.308
kot . . .	9½ »	7.0	1.0	—	—
pies . . .	9 »	7.4	1.3	0.455	0.508
królik . .	6 »	10.4	2.5	0.891	0.997

To samo prawo, które niniejsza tablica wykazuje dla rozmaitych zwierząt, ma zastosowanie także i względem rozmaitych okresów rozwoju osobnika. W mleku kobiety np. znalazł Bunge w 1-ym miesiącu białka 15 części (na 1000), w 10-tym zaś tylko 9.

Siara (colostrum) jestto ciecz żółtawo zabarwiona, niekiedy alkalicznie, częściej kwaśno oddziaływająca, o ciężarze gatunkowym 1.046—1.080, zawierająca znacznie więcej części stałych niż mleko. Siara zawiera oprócz kuleczek tłuszczu bardzo wiele ciałek siary, to jest komórek jądrazstych z ziarenkowatą protoplazmą wielkości 0.005—0.025 mm. średnicy. Wśród ich protoplazmy znajdujące się mniejsze lub większe

leczkami tłuszczu. Tłuszcz siary różni się od tłuszczu mleka, nieco wyższym punktem topliwości i zawiera mniej płynnych kwasów tłuszczowych, niż mleko zwykłe. Prócz tego znajdujemy w większej ilości cholestearynę i lecytynę; najbardziej jednak charakterystyczną cechą jest zawartość globuliny i białka surowiczego, dzięki któremu siara krzepnie podczas ogrzewania do temperatury wrzenia. Ilość stałych substancyj może być niekiedy bardzo znaczną, jakkolwiek w ogóle skład siary ulega wielkim wahaniom. Podług Königa na 1000 części znajdujemy wody 745.

Z substancyj stałych:	kazeiny	46.6
»	» albuminy i globuliny	136.2
»	» tłuszczu	34.3
»	» cukru	26.6
»	» soli	15.8

Siarę otrzymujemy pewien czas przed i kilka dni po ocieleniu, ona stopniowo przechodzi w mleko zwykłe nie zawierające ciałek siary i znacznie mniejszą ilość białka surowiczego.

W miarę trwania okresu laktacji, skład mleka ulega ponownej zmianie, a mianowicie zwiększa się ilość kazeiny, zmniejsza ilość cukru i tłuszczu, natomiast zwiększa się stosunkowa zawartość tłuszczów stałych.

Skład mleka kobiecego, nawet jeżeli uwzględnimy wszelkie wahania, które wskutek dość niedostatecznych metod badania wyniknąć mogły, jest tak zmienny, że prawie niepodobna podać przeciętnych ilości składników. Dla przykładu przytoczmy rozbiory 3 następujących badaczy:

	na 1000 części		
	Biel	Gerber	Pfeifer
	u kobiet 20—30 lat		
wody	876	891	892
stałych części	124	109	108
białek	22.10	17.9	16.13
tłuszczu	38.40	33	32.28
cukru	60.90	53	57.94
soli	2.90	4.2	1.65

J. Lehmann na 100 części w mleku kobiety:

caseiny	1.2	tłuszczu	3.8
albuminy	0.5	cukru mlecznego	6.0
suma białek	1.7	popiołu	0.2

Pomimo tej zmienności, można jednakże twierdzić, że mleko kobiety zawiera w ogóle mniej białka i nieco więcej cukru niż mleko krowy, ilość kazeiny zaś jest nie tylko bezwzględnie, lecz także i względnie, t. j. w porównaniu do całej ilości białka, mniejszą w mleku kobiety, niż w mleku krowy. Być może, że ta różnica w składzie tłumaczy do pewnego stopnia charakter skrzepu kazeiny, który w mleku kobiety powstaje. Podczas gdy, jak widzieliśmy wyżej, w mleku krowiem skrzep kazeiny ma podobieństwo do skrzepu krwi i całkowicie przybiera kształt naczyń, skrzep kazeiny w mleku kobiety jest kłaczkowaty, niejednolity. Tem się prawdopodobnie tłumaczy większa strawność mleka kobiecego pod wpływem soku żołądkowego, niż skrzepu kazeiny mleka krowiego. Następnie mleko kobiety zawiera mniej o $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{4}$ substancji mineralnych niż mleko krowie, jak to można wnosić z analiz Bunge'go.

Mleko noworodków. U noworodków obu płci bezpośrednio po urodzeniu niekiedy z gruczołu mlekowego można wydobyć pewną ilość wydzieliny podobnej do mleka tylko jakościowo, ilościowo zaś bardzo znacznie od niego się różniącej. Według Schlossbergera, Hauffa, Grublera i innych wydzielina ta zawiera na 1000 białka od 10.5—28, tłuszczu 8.2—14.6 i cukru 9—60.

Pochodzenie głównych składników mleka.

Pochodzenie kazeiny, tłuszczu i białka jest do dziś dnia stosunkowo mało zbadane. Dawniejszych zapatrywań, jakoby kazeina powstawała z lactalbuminy lub białka surowiczego, wskutek działania osobnego fermentu, nowsze doświadczenia nie stwierdziły. Za bardziej uzasadniony można uważać pogląd, podług którego kazeina powstaje w protoplazmie samych komórek gruczołu, a w każdym razie owa substancja, którąśmy nazwali nuclealbuminą, a którą znajdujemy w protoplazmie komórek gruczołu, zostaje rzeczywiście w bardzo bliskim pokrewieństwie z kazeiną i skutkiem tego może być uważaną za istotę macierzystą, z której kazeina się tworzy. Takie pochodzenie kazeiny tem łatwiej możemy przyjąć, że w wytwarzaniu mleka protoplazma komórek bierze udział w ten sposób, że komórka od wewnątrz rozpada się, a powstałe przytem cząsteczki komórki w treści pęcherzyka powoli się rozpuszczają, tak, iż podług Heidenheina żyje i odżywia się tylko właściwie zewnętrzna część komórki, wewnętrzna zaś część ciągle się rozpada i rozpuszcza, tworząc mleko, gdyż razem z cząsteczkami protoplazmy uwalniają się także kuleczki tłuszczu, znajdujące się w protoplazmie. Zachodzi

więc niejaki podobieństwo w czynności komórek gruczołu mlekowego z gruczołem trzustkowym, jednakże tej wybitnej różnicy między dwoma częściami tej samej komórki, jaką znajdujemy w trzustce, gruczoł mlekowy nie przedstawia. Owe ciała siary, zawierające znaczną ilość tłuszczu, zdaniem Heidenhaina nie są komórkami nabłonka, jakkolwiek prawdopodobnie z niego pochodzą, lecz osobnymi kurczliwymi elementami, które posiadają własność, podobnie jak ciała białe, nagromadzania w sobie kuleczek tłuszczu.

Tłuszcz mleka powstaje niewątpliwie w protoplazmie komórek nabłonka, jednakże czy cała ilość tłuszczu, którą znajdujemy w mleku, powstaje tylko w ten sposób, czy pewna jego ilość nie dostaje się do gruczołu już w postaci gotowej i nie wytwarza się gdzieś w innym narządzie ustroju bądź z tłuszczu, bądź z wodorów węgla, które przyjmujemy w pokarmach, orzec stanowczo do dziś dnia nie możemy. Że zwierzęta w ciągu okresu laktacji przez dłuższy czas wydzielają więcej tłuszczu z gruczołu mlekowego, niż go do ustroju wprowadzają, jest faktem wielokrotnie stwierdzonym. Fakt ten dowodzi, że przynajmniej pewna część tłuszczu, którą znajdujemy w mleku, pochodzi z ciał białkowych lub wodorów węgla.

Jeszcze mniej jest zbadane źródło cukru mlekowego. Münz przytacza dowody, że pewna ilość substancji rozpowszechnionych w roślinach, jak śluz roślinny, guma i inne produkty rozkładowe dają galaktozę i na tej podstawie przypuszcza, że cukier mlekowy przynajmniej u roślinożernych może powstawać wskutek syntezy galaktozy i dextrozy. Przypuszczenie to nie miałooby oczywiście żadnego zastosowania u zwierząt mięsożernych, które jak wiadomo, przy wyłącznem nawet karmieniu mięsem bez tłuszczu, produkują w mleku cukier mlekowy. Również nie posunęły sprawy naprzód przypuszczenia Bertha i Thierfeldera, że w gruczole mlekowym istnieje osobna substancja macierzysta *saccharogena*, z której powstaje cukier mlekowy; jednakże autorowie ci bynajmniej nie udowodnili, czy owa substancja białkowa, którą jako *saccharogenę* uważają, a która przy ogrzaniu z rozcieńczonymi kwasami daje produkt, posiadające własności redukcyjne, zostaje w jakimkolwiek związku z cukrem mlekowym, czy też ów produkt jest zupełnie nowem ciałem, którego w mleku nie znajdujemy.

Składniki przypadkowe.

Prócz tych głównych stałych składników, mleko może zawierać składniki przypadkowe, które zwykle pochodzą z pokarmów. Nie ulega

wątpliwości, że substancje takie, jak opium, morfina, wyskok itp. wprowadzone do ustroju w większej ilości, mogą przechodzić do mleka i jeżeli mleko takie spożyte zostanie przez dziecko, mogą działać na ustrój dziecka. Również cały szereg substancji mineralnych, jak S, As, Bi, Zn, Pb, Hg, Fe, mogą przechodzić do mleka i wielokrotnie zostały wykazane. Ciekawą jest jednak rzeczą, że składniki żółci, które w pewnych przypadkach przechodzą do krwi i wywołują żółtaczkę, zupełnie do mleka nie przechodzą,

Wpływ układu nerwowego na czynność gruczołu.

Wobec tego, że mleko musimy uważać za produkt czynności gruczołu mlekowego, nasuwa się pytanie, czy czynność ta, podobnie jak czynność innych gruczołów, zostaje w zależności od układu nerwowego. Pierwsze badania, które w tym celu przeprowadzili Eckhard i Sinety, właściwie nie dały żadnego dodatniego wyniku. Dopiero Röhrig miał wykazać wpływ nerwów u owiec i kóz. Do gruczołu mlekowego dochodzi u tych zwierząt *nervus spermaticus externus* i tuż pod gruczołem dzieli się na 3 gałązki, z których jedna towarzyszy naczyniom, druga prowadzi do brodawki, trzecia zaś kończy się w samym gruczole w środku przewodów pęcherzyków. Przecięcie pierwszej gałązki ma podług Röhriga powodować rozszerzenie naczyń, przecięcie drugiej zmniejszenie naprężenia w brodawce, zaś przecięcie trzeciej zmniejszenie ilości mleka. Natomiast drażnienie końca obwodowego przeciętej pierwszej gałązki wywołuje zwężenie naczyń, drugiej erekcję brodawki, trzeciej zaś znaczne zwiększenie, mianowicie do 20 razy, ilości mleka. Podobnie miał stwierdzić wpływ nerwów na gruczoły Laffont u suk. Jednakże sam Röhrig owo zwiększenie ilości mleka pod wpływem drażnienia trzeciej gałązki *nervi spermatici externi* przypisuje nie tyle wpływowi nerwów gruczołowych, ile działaniu nerwów na elementa kurczliwe przewodów, i sądzi, że drażnienie tego nerwu nie tyle wpływa na przyspieszenie wytwarzania się mleka, ile raczej na wydalenie z gruczołu już istniejącego w przewodach. Doświadczenia te były także przeprowadzone na owcach i kozach przez Walentowicza. Jakkolwiek anatomicznie owe trzy gałązki Röhriga stwierdzić się udało, to jednakże nie można było wykazać faktu fizyologicznego, mianowicie wpływu trzeciej gałązki na zwiększenie produkcji mleka. Wpływ *nervi spermatici externi* na naczynia i brodawkę rzeczywiście został stwierdzony. Następnie, pozostawiając zwierzę przy życiu przez czas dłuższy, stwierdził Walentowicz, że przecięcie nerwu nasiennego zewnętrznego nie-

tylko nie zmniejsza ilości mleka, lecz przeciwnie nieco ją zwiększa, wreszcie że gruczoł z przeciętymi nerwami nawet po zaprzestaniu dojenia przez dłuższy czas wydzielą mleko, niż gruczoł prawidłowy. I tak można było jeszcze po 10 — 15 dniach wydoić z gruczołu z przeciętymi nerwami 200 i więcej cm^3 mleka, przy dalszem zaś dojeniu otrzymywać stale znaczną ilość mleka, podczas gdy w gruczole prawidłowym już po 5 lub 6 dniach wydzielina znikała. Następnie przy ponownem zapłodnieniu zwierzęcia, pomimo iż oba gruczoły wskutek zaprzestania dojenia przez pewien czas zdawały się być w stanie zaniku, ku końcowi ciąży, zaczęły się rozwijać, przyczem gruczoł z przeciętymi nerwami był nawet nieco lepiej rozwinięty niż prawidłowy. Po porodzie z gruczołu tego otrzymywano stale większą ilość mleka, niż z prawidłowego. W składzie chemicznym mleka obu gruczołów nie znajdowano żadnej wybitnej różnicy, oprócz małego zwiększenia ilości białka surowiczego w mleku gruczołu porażonego. W końcu wypada zauważyć, że gruczoł porażony przez cały czas trwania doświadczenia, t. j. przez dwa lata, był nieczuły na wszelkie mechaniczne lub elektryczne podrażnienia. Na podstawie tych doświadczeń Walentowicza wypada przyjąć, że gruczoł mlekowy różni się od innych tem, iż czynność jego jest do pewnego stopnia samodzielną i niezależną od układu centralnego; przeciwnie, że układ środkowy ma na niego wpływ hamujący; hamowaniu temu jednakże przeszkadza mechaniczne drażnienie nerwów czuciowych brodawki. Dlatego też, jeżeli gruczoł mlekowy przestaje być wydajany, już po kilku dniach rozpoczyna się zanik tkanki gruczołowej i zmniejszenie produkcji mleka; drażnienie zaś nerwów czuciowych brodawki temu przeszkadza. Że w danym przypadku na zanik tkanki gruczołowej sama treść, nagromadzająca się w gruczole (przepełnienie gruczołu), nie ma żadnego wpływu, można stwierdzić na gruczolach z przeciętymi nerwami, które, jakkolwiek tak samo są przepełnione mlekiem i obrzmiałe, jednakże nie zanikają przez czas dłuższy i po wydojeniu na nowo funkcjonują, jak przedtem. Niezależność czynności gruczołu mlekowego od układu nerwowego może mieć to znaczenie, że wskutek niej łatwiej otrzymuje się jednostajność wydzieliny, pod względem składu. Widzieliśmy przy śliniankach, że wpływ nerwu sympatycznego i struny bębenkowej daje nam produkta tak odmienne, że je prawie nie podobna uważać za produkta jednego gruczołu; oczywiście, że to samo mogłoby mieć miejsce i w gruczole mlekowym, a niejednostajność taka musiałaby bardzo szkodliwie oddziaływać na delikatny narząd trawienia osesków, tem bardziej, jeżeli uwzględnimy, że wpływ nerwów np. u człowieka, mógłby występować zależnie także od stanów

psychicznych, i w ten sposób każde silniejsze wzruszenie musiałoby odbijać się na chemicznym składzie mleka. Różnicy takiej jednak rzeczywiście do dziś dnia nie zauważono, i jeżeli istnieją pewne spostrzeżenia, z którychby wynikało, że stany psychiczne pewne zmiany w składzie chemicznym mleka powodują; wiadomo np., że wzruszenie osoby karmiącej bardzo często pociąga za sobą, jako następstwo, pewne zaburzenia w ustroju dziecka, to wpływy te można uważać jako skutki pośrednie. Stany psychiczne w rzeczywistości oddziałują na wszystkie narządy ustroju karmiącej, oczywiście, że w tej liczbie i na przewód pokarmowy: ztąd też mogą do krwi przechodzić produkta, których w warunkach prawidłowych zwykle nie bywa; produkta te mogą następnie ze krwi przejść do gruczołu mlekowego i chociażby nieznacznie zmienić skład jego wydzieliny. Szkodliwy więc wpływ takiego mleka nie zależałby od składników, które powstawały w samym gruczole, lecz od produktów, które, podobnie jak wymienione wyżej substancje przypadkowe, tylko przez gruczoł mlekowy zostały wydalone ze krwi.



ROZDZIAŁ IX.

Charakter spraw chemicznych, statyka i dynamika ustroju.

Uwagi ogólne.

Porównywając substancje, które w pokarmach do ustroju wprowadzamy, z temi, które z ustroju jako zbyteczne produkta oddajemy otoczeniu, znajdujemy, że, z wyjątkiem mleka, wszystkie ostatnie tem się różnią od pierwszych, że wogóle zawierają ciała bardziej utlenione, niż główne składniki pokarmów. Wskutek tego składniki wydaliny albo zupełnie nie posiadają wolnych powinowactw do tlenu, albo posiadają je tylko w małym stopniu, i przez to nie są już zdolne do dalszych przeistoczeń chemicznych w ustroju.

Substancje, które wprowadzamy do ustroju, jak to już zauważyliśmy w fizjologii trawienia, możemy podzielić na dwie kategorie, na substancje pochodzenia organicznego i substancje pochodzenia mineralnego.

Co do substancji mineralnych, to one zostają wydalane z ustroju wogóle w postaci niezmienionej; wprawdzie fakt ten bynajmniej nie pozwala sądzić o tem, jakie jest ich znaczenie i jaką rolę odgrywają one w ustroju, wszelako z pewnością można twierdzić, że ciała te wskutek swego chemicznego składu nie mogą być w ustroju źródłem energii, którą we wszystkich żyjących istotach spotykamy. Jakkolwiek ciała te nie ulegają żadnym znaczniejszym przemianom chemicznym, tem nie mniej mogą być użyteczne wskutek swych połączeń podwójnych, szczególnie z substancjami białkowemi lub ich produktami, a dzięki tym swoim związkom modyfikują dyfuzyjne własności ciał białkowych i być może niektórych innych produktów pochodnych. Tworząc przeważnie rozczyiny o bardzo nieznacznej koncentracji sole, jako elektrolity,

pozostają w stanie zupełnej elektrolitycznej dysocjacji i w tym charakterze prawdopodobnie odgrywają bardzo ważną rolę w sprawie przemiany materii w jestestwach żywych. Charrin i Guillemont, wstrzykując pod skórą roztwór, zawierający mieszaninę siarkanu, fosforanu i chlorku sodowego, stale obserwowali zwiększenie wymiany materii w ustroju.

Z tego, co powiedziano wyżej, wypada, że źródłem energii, którą ustroje reprezentują, mogą być tylko substancje pierwszej kategorii. Substancje te, jak wiadomo z fizjologii trawienia, składają się głównie z 3 kategorii ciał: ciał białkowych, tłuszczów i wodorów węgla.

Charakter spraw chemicznych w ustroju.

Ażeby zbadać i oznaczyć charakter przemian chemicznych, które w ustroju zachodzą, potrzeba oczywiście porównać wydaliny z składnikami pokarmów. Porównanie takie przekonywa nas najzupełniej, że głównym typem procesów, którym składniki pokarmów w ustroju ulegają, jest utlenienie.

I rzeczywiście widzieliśmy w fizjologii oddychania, że koniecznym warunkiem istnienia każdego ustroju, jest ciągły i stały przypływ tlenu, że z chwilą, kiedy przypływ ten ustaje lub staje się niedostatecznym, ustają także na zawsze lub czasowo sprawy życiowe ustroju; nadto widzieliśmy tamże, że tlen w ustrojach wyższych zostaje zużywany w dość znacznej ilości: t. np. w ustroju człowieka wynosi średnio 750 gr. na dobę. Równocześnie mogliśmy się przekonać, że głównym produktem życia ustroju, który największą ilość wprowadzonego podczas oddychania tlenu zabiera, jest bezwodnik kwasu węglowego. Węgiel, który służy do wytworzenia przeszło 900 gr. na dobę bezwodnika kwasu węglowego, może oczywiście pochodzić tylko z tych substancji, które w postaci pokarmów do ustroju wprowadzamy.

Fakt ten, sam przez się nie ulegający wątpliwości, nasuwa przede wszystkim pytanie: gdzie się odbywa to stosunkowo najprostsze połączenie węgla z tlenem? Badania krwi w ustroju i po za ustrojem wykazuje nam, że wprawdzie tlen wchodzi od razu w połączenie chemiczne z hemoglobina ciałek czerwonych, jednakże połączenie to jest bardzo słabe, i istnieje tylko dopóty, dopóki krew nie dopłynie do naczyń włosowatych, gdzie odwrotnie utleniona hemoglobina ulega rozkładowi i oddaje tlen otaczającym elementom tkaninowym. Że proces utleniania pokarmów nie ma miejsca we krwi, przekonywa nas o tem oko-

liczność, że żadnych produktów takiego utlenienia w krwi w rzeczywistości wykazać nie możemy, a ponieważ w naczyniach włosowatych tlen przechodzi do otoczenia elementów tkaninowych, przeto za miejsce utlenienia wypada uważać same elementa tkaninowe.

Że sprawy utlenienia nie mają miejsca w samej krwi, na to mamy cały szereg dowodów. Dla przykładu przytoczmy doświadczenia Hoppe-Seylera, w których autor substancje tak łatwo utleniające się, jak cukier, kwas mlekowy i t. p., wprowadzał do krwi i pomimo, że krew utrzymywał w temperaturze ustroju, pomimo, że ją pozostawiał w ciągłym ruchu, nie mógł wykazać utlenienia, dającego się oznaczyć ubytkiem tlenu lub przyrostem CO_2 , podczas gdy Müller, o ile krew przepływała przez tkanki żywe, stwierdził niewątpliwie utlenianie się cukru gronowego. Również w doświadczeniach swoich Jaquet z alkoholem benzylovym nie mógł wykazać najmniejszych zmian ani we krwi świeżej, ani gnijącej, podczas gdy we krwi, przepływającej przez narządy żywe, a nawet w roztworach solnych z substancji tej powstały kwas będzwinowy i salicylowy. Wprawdzie podobne przeistaczanie się wyskoku benzylovego można było stwierdzić także w tkankach martwych, a nawet za pomocą wyciągów wodnych, otrzymanych z tkanek nerkowej i wątrobowej, macerowanych w wysoku, lecz ilości w tym ostatnim przypadku były znacznie mniejsze i tem samem świadczyły, że w tym procesie muszą brać udział jakieś produkty, które się wytwarzają w żywych elementach tkaninowych. Do tej samej kategorii doświadczeń wypada zaliczyć także badanie Bernsteina, który wykazał, że wyciągi wodne z żywych lub martwych tkanek zupełnie nie odtleniają krwi tętniczej, podczas gdy same tkanki wywierają wpływ odtleniający stosunkowo bardzo znaczny. Z przytoczonych doświadczeń wynika, że procesy utlenienia podług wszelkiego prawdopodobieństwa muszą mieć miejsce w samych tkankach, a właściwie w samej protoplazmie elementów tkaninowych. Myśl tę stwierdzają niewątpliwie doświadczenia Pflügera i Ortmana, którzy wykazują, że tak zwane żaby solone, tj. żaby, u których krew wypuszczono, naczynia zaś wypełniono $\frac{3}{4}\%$ roztworem soli kuchennej, zużywają w przybliżeniu tyle tlenu i produkują tyle CO_2 , ile go zużywają żaby prawidłowe w danych warunkach. Tego rodzaju sprawy nazwalismy wyżej *oddechaniem wewnętrznem*.

Fakta powyższe zaprzeczają więc stanowczo dawniejszej teorii Lavoisiera i jego następców, jakoby tlen, wprowadzony do ustroju, bezpośrednio służył do utlenienia pokarmów; przeciwnie, one wskazują, że proces utlenienia w ustroju jest bardziej skomplikowany, niż na pierwszy

rzut oka wносиćby było można. Fakt, że mięśnie i inne tkanki mogą produkować CO_2 nawet w nieobecności tlenu, fakt, że ilość tlenu podczas spoczynku ustroju, a szczególnie w śnie znacznie przewyższa tę ilość CO_2 , którą zwierzę wydziela w tym czasie, w końcu zwykły brak równoległości między ilością tlenu i CO_2 podczas usilnej pracy, przemawiają za tem, że oddechanie wewnętrzne tkanek jest sprawą utlenienia, odbywającą się wskutek udziału żywych elementów naszego ciała. Te zaś ostatnie, jak to widzieliśmy w fizyologii gruczołów, posiadają zdolność wybierania z otoczenia tylko pewnych substancyj i wydzielania z protoplazmy swojej tylko pewnych produktów o określonym składzie chemicznym. Więc nie samo powinowactwo chemiczne tlenu do produktów, które nlegają utlenieniu, jest przyczyną utlenienia, lecz prawdopodobnie sprawy, które się odbywają w elementach tkaninowych. Za tem przemawia cały szereg jeszcze innych spostrzeżeń, z pośród których wymienimy tu następujące: obecność w moczu kwasu moczowego, który, jak wiadomo, bardzo łatwo się utlenia pod wpływem środków utleniających, przejście bez zmiany do moczu tak łatwo utleniającej się substancyi, jak breneckatechina, która cheiwie łączy się z tlenem nawet na powietrzu, nieutlenianie się kwasu pirogallusowego, cukru i t. p., z drugiej zaś strony brak w wydalinach tak trudno utleniających się substancyj, jak tłuszcz, kwas palmitynowy, stearynowy, oleinowy, które, wprowadzone do ustroju, niewątpliwie w ustroju się utleniają na CO_2 i H_2O . W końcu widzieliśmy także, że w ustroju mogą mieć miejsce i procesy odtlenienia, jak np. sprawa powstawania urobiliny. W naturze nieżyjącej, jak wiadomo, podobne przypadki zachodzą tylko wtedy, kiedy przyływ tlenu nie jest wystarczający, jak np. powstawanie pewnych produktów odtlenienia lub niedostateczne utlenienie podczas spalania węgla. Takiego braku tlenu w ustroju w warunkach prawidłowych przypuszczać nie możemy, gdyż nawet krew żylna zawsze jeszcze pewną ilość tlenu zawiera.

Redukcyja pewnych substancyj w ustroju wraz z przytoczoną wyżej w fizyologii oddychania pewną niezależnością ilości CO_2 od absorbowanego tlenu, zmuszają nas do przypuszczenia, że w ustroju zwierzęcym, a właściwie w protoplazmie elementów tkaninowych, mamy do czynienia w gruncie rzeczy głównie ze sprawą rozszczepiania się pewnych złożonych związków; charakter zaś tej sprawy nasunął myśl Hoppe-Seylerowi, a jeszcze wcześniej Kl. Bernardowi, że procesy tu zachodzące są bardzo zbliżone do procesów fermentacyjnych.

Rzeczywiście procesy fermentacyjne spotykamy w przewodzie pokarmowym, lecz są to procesy zachodzące właściwie na zewnątrz ustroju. Czy podobne sprawy mają miejsce gdziekolwiek w tkankach, dotychczas nie zdołano przytoczyć najmniejszych dowodów.

Rozkład i synteza. Trzymając się ściśle faktów, wypada sprawy, które wśród elementów ustroju spostrzedz się dają, odnieść do dwóch głównych kategorii: 1) spraw rozkładowych i 2) spraw syntetycznych. Ze spraw pierwszej kategorii spotykamy tu 1) rozkład substancyj złożonych, skutkiem którego powstają 2 lub 3 prostsze połączenia, 2) rozkład podobny, z przybraniem jednej lub kilku cząsteczek wody, i w końcu 3) rozkład połączony z utlenieniem; wszystkim tym kategoriom rozkładu mogą towarzyszyć także zupełnie niezależne sprawy syntetyczne. Te sprawy rozkładowe wraz z procesami syntetycznymi i utlenieniem mogą przebiegać jednocześnie, a nawet mieć miejsce współcześnie w jednym i tym samym elemencie tkaninowym. W ten sposób dochodzimy do przekonania, że CO_2 , woda lub inne ciała, które w wydalinach znajdujemy, są produktami, powstającymi w protoplazmie elementów tkanin, pod wpływem osobnych właściwości ich cząstek, słowem pod wpływem cząsteczek żyjącej materii. Samo przyswajanie ciał, które wprowadzamy do ustroju z pokarmami, musi polegać nie na bezpośredniej przemianie tych ciał, lecz na wprowadzeniu cząsteczek tych substancyj w skład cząsteczek żyjącej materii, wprzód nim one ulegną procesom utlenienia lub sprawom rozkładowym; przyswajanie więc jest sprawą, którą zachodzi między cząsteczkami protoplazmy żyjącej materii elementów naszego ciała, a cząsteczkami substancji służących do odżywiania, słowem, tu się odbywa ciągły proces *ożywiania* cząsteczek materii martwej, którą pobieramy w postaci pokarmów. Jakie są bliższe przyczyny tego procesu, na razie powiedzieć nie jesteśmy w stanie; być może, tu ma miejsce jakieś osobne powinowactwo pomiędzy cząsteczkami protoplazmy i cząsteczkami ciał, któreśmy pobrali w pokarmach, lub też cząstki te się łączą ze sobą wskutek własności swoich chemicznych, to tylko można, jak na dzisiaj stwierdzić, że ważną rolę w tem przyswojeniu intramolekularnem odgrywa grupa elementów, zawierająca azot.

Sam rozkład ponowny takiej skomplikowanej cząsteczki odbywa się w ustroju stopniowo i powoli przez odszczepianie się coraz mniej lub więcej skomplikowanych grup, zawierających te same elementa, które się zawierają w cząsteczkach najbardziej złożonych; jednakże

grupy te wogóle na 1 atom azotu zawierają coraz mniej węgla a coraz więcej tlenu.

Możemy tu przytoczyć stosunek azotu do węgla, jaki według tablicy Munka zachodzi w rozmaitych produktach rozkładowych ciał białkowych, np.

ciała białkowe na 1 atom N zawierają 4 atomy C

glutyna	» »	$3\frac{1}{6}$	» »
glikokol	» »	2	» »
kreatyna	» »	$1\frac{1}{3}$	» »
kwas moczowy	» »	$1\frac{1}{4}$	» »
allantoina	» »	1	» »
mocznik	» »	$\frac{1}{2}$	» »

W miarę więc przeistoczeń, którym produkta rozszczepienia ulegają, zmniejsza się ilość węgla, natomiast wzrasta ilość tlenu jak to na powyższych substancjach możemy widzieć. Wprawdzie pomiędzy ciałami białkowymi a mocznikiem, czyli między pierwszym a ostatnim ciałem, w których w ustroju zawiera się azot, znamy bardzo nieliczne ogniwa, jednakże już dziś ogniwa te pozwalają do pewnego stopnia sądzić o samym charakterze wchodzących w ustrój procesów; leucynę, glikokol, kwas asparaginowy, sole amoniakalne możemy niewątpliwie uważać jako produkta, z których w ustroju wytwarza się mocznik. Widzieliśmy w rozdziale poprzedzającym, że jeżeli te ciała wprowadzimy do ustroju np. do krwi, to one się zjawiają w moczu w postaci mocznika. Widzieliśmy następnie, że leucyna i kwas asparaginowy mogą powstawać także w przewodzie pokarmowym wskutek działania soku trzustkowego; jest więc uzasadnione przypuszczenie, że i te substancje, wchodząc do krwi i przenikając następnie do tkanek, podobnie jak same ciała białkowe mogą z czasem wchodzić jako elementy składowe, do cząsteczki żyjącej materii, następnie zaś przeistaczając się, stać się źródłem mocznika. W ten sposób możemy przyjąć że nawet w powstawaniu mocznika z wymienionych substancyj mogą także brać udział elementy tkaninowe. Takimi elementami mogą np. być komórki wątrobowe, które, jak wiadomo, w znacznej ilości mocznik produkują. Poznaliśmy także wyżej wśród składników moczu 2 substancje: ksantynę i hipoksantynę, które się różnią od kwasu moczowego mniejszą zawartością tlenu. Substancje te oczywiście możemy uważać jako poprzedzające szczeble procesu utlenienia pewnej zasadniczej substancji, zawierającej N, który ostatecznie się kończy powstaniem kwasu moczowego lub mocznika.

Ponieważ w ciałach białkowych na 1 atom N przypada 4 atomy C, w moczniku zaś na 1 atom N tylko $\frac{1}{2}$ at. C, przeto musimy przyjąć, że podczas przeistoczeń, którym podlegają ciała białkowe, zanim się zamienią w mocznik, muszą powstawać jakieś połączenia węgla, nie zawierające azotu. Połączenia te, jeżeli dla nich przyjmiemy ten sam proces postępowego utlenienia przez odszczepianie się produktów coraz bardziej utlenionych, w ostatecznej postaci dadzą nam ciała, zawierające tylko C i O lub H i O tj. CO_2 lub H_2O .

Znaczenie pojedynczych składników pokarmów i ich rola w sprawie odżywiania tkanek.

W fizjologii trawienia zastanawialiśmy się nad znaczeniem tych lub innych składników pokarmowych, tylko o tyle, o ile skład pokarmów na znaczenie tych składników wskazywał. Tu musimy się zastanowić bliżej nad znaczeniem każdego z nich, o ile z doświadczeń i spostrzeżeń nad żyjącym ustrojem znaczenie to zostało stwierdzone.

Szereg autorów a w szczególności Voit, Petenkoff i Pflüger wykazali, że, ażeby ustrój przybierał na wadze, musi pokarmy pobierać w większej ilości, niż ta, którą potrafi zużytkować w danym czasie; i rzeczywiście żołądek i cały przewód pokarmowy mogą w warunkach prawidłowych strawić i wprowadzić do krwi prawie dwa razy tyle, ile potrzeba na wydatki ustroju. Otóż ten zbytek substancyj pożywnych może pozostawać w ustroju i zwykle też pozostaje, pociągając za sobą gromadzenie się tłuszczu w ustroju. Jednakże nie wszystkie trzy kategorie ciał pożywnych odgrywają jednakową rolę w tej sprawie; podług Pflügera możemy pod tym względem podzielić substancje pożywne na dwa działy: substancje pożywne zasadnicze (*Unahrung*) i substancje pożywne drugorzędne, czyli tak zwane surogaty pokarmowe (*Ersatznahrung*); do pierwszej kategorii należą białka, do drugiej tłuszcze i węglowodany, oraz inne substancje, które w ustroju mogą być zużyte przez utlenienie. Z dawniejszych doświadczeń Kl. Bernarda i Voita było wiadomo, że psy i inne mięsożerne zwierzęta przez dłuższy czas mogą być żywione wyłącznie mięsem. Doświadczenia takie były powtórzone przez Pflügera, Munka i innych również na psach. Naunyna na kurach. Z doświadczeń tych wynika, że wogóle wyższe zwierzęta mogą się odżywiać samymi ciałami białkowymi. Substancje drugorzędne tej własności nie posiadają, jak to już widzieliśmy wyżej; jeżeli będziemy karmili zwierzę tłuszczem lub węglowodanami, to niezbędną ilość substancyj azotowych ustrój uzu-

pełnia kosztem własnych tkanek, czyli odżywia się własnem mięsem, a skutkiem tego nie może zachować równowagi azotowej. Tę ilość substancyj białkowych, która dla każdego ustroju jest konieczna, aby ustrój nie zużywał własnych tkanek, nazywa Pflüger »białkiem niezbędnem«. Z doświadczeń jego przeprowadzonych na 2 psach wynika jednakże, że ilość ta nie zawsze jest jednakową; jeden pies przez 8 miesięcy był karmiony wyłącznie możliwie chudem mięsem i wykonywał przez ten czas ciężką pracę (codziennie ciągnął ciężki wózek na przestrzeni kilku klm.); pies ten, jak się okazało podczas sekcji, nie posiadał zupełnie tłuszczu w tych miejscach, gdzie on się zwykle znajduje, wyjątek stanowiły nerwy i szpik kostny. Gdy pies nie pracował, wystarczało do utrzymania zupełnej równowagi azotowej wprowadzać w pokarmach na 1 klg. ciała 2.073 azotu, czyli dla całego psa, ważącego 30 klg., 62.9 gr. N. Jeżeli prócz mięsa, które powyższą ilość N zawierało, a które wystarczało do pokrycia wszystkich życiowych potrzeb zwierzęcia, dodawano także tłuszczu lub skrobi, to ilość N w mięsie mogła być zmniejszona, jednakże nigdy nie można było jej obniżyć poniżej 22 gr. azotu, pomimo największych ilości tłuszczu i skrobi tak, iż u tego zwierzęcia zaledwo $\frac{2}{3}$ jego potrzeb odżywiania można było zastąpić substancjami nieazotowemi. Natomiast u innego psa ilość azotu mogła być znacznie więcej obniżoną, tak że nawet przy $\frac{1}{7}$ części azotu w pokarmach w porównaniu do tej ilości, która była niezbędną do utrzymania równowagi azotowej podczas wyłącznego użycia ciał azotowych można było jeszcze równowagę azotową utrzymać. Z tego wyciąga Pflüger wniosek, że najprawdopodobniej w ogóle u zwierząt w warunkach, wśród których one żyją, długotrwałe pozbawianie dostatecznej ilości substancyj azotowych, wyrabia pewne przystosowanie się w całej przemianie materij, wskutek którego ustrój bardzo oszczędnie może się obchodzić z istotami białkowemi. Fakt ten jednakże nie daje podstawy do twierdzenia, jakoby tłuszcz i węglowodany mogły zastąpić białko w dosłownem znaczeniu tego słowa, przeciwnie zdaniem jego i u tych zwierząt cząsteczki białkowych substancyj w swojej czynności w ustroju zostają tylko podtrzymywane przez substancje drugorzędne i tę samą pracę, którą u jednych zwierząt wykonywa pewna ilość cząstek białka, u innych potrafi ją wykonać stosunkowo znacznie mniejsza ilość. Podobne doświadczenie wykonał także Munk. Według niego pies potrzebuje dla zachowania równowagi azotowej $\frac{1}{20}$ wagi ciała mięsa chudego. Pies o wadze 25 kilo zużywa 1200 gr. mięsa; jeżeli mu dodano 70 gr. tłuszczu, to równowagę azotową otrzymywano już przy 800 gr. mięsa;

w drugim przypadku pies ważył 31 kilo, równowagę azotową otrzymano u niego przy 1500 gr. mięsa; gdy mu dodano 100 gr. tłuszczu wystarczyło tylko 600 gr. mięsa. Tu zauważyć muszę, że takie samo działanie miało również dodanie odpowiedniej ilości kwasów tłuszczowych.

Spostrzeżenia Virchowa nad degeneracją tłuszczową elementów białkowych, jak również Hoppe-Seylera i Voita, upoważniają do przypuszczenia, że tłuszcz nie tylko może pochodzić z pokarmów, lecz może powstać także drogą syntetyczną substancyj bezazotowych lub być jednym z produktów rozkładu ciał białkowych. Że w rzeczywistości tłuszcz może powstać z ciał białkowych, świadczy zwyrodnienie tłuszczowe wskutek zatrucia fosforem i arsenem, oraz tak zwany wosk trupi, składający się z palmitynianu i stearynianu wapniowego, który, jak wiadomo, wśród pewnych warunków powstaje w trupach, jak również fakt, o którym wspominaliśmy przy produkcji mleka, że przy odżywianiu ciałami białkowymi wzrasta ilość tłuszczu w mleku. Najbardziej przekonującego dowodu dostarczył Hoffmann, który wykazał, że poczwarki *Muscidae Vomitoriae*, rozwijając się na krwi, potrafią wytworzyć w sobie 10 razy więcej tłuszczu, niż go zawiera cała pożywka. Podobnie wykazano wzrost ilości tłuszczu, wogóle podczas gnicia ciał białkowych.

W warunkach zwykłych jednakże głównem źródłem tłuszczu w ustroju są pokarmy, a właściwie w nich zawarty tłuszcz, jako taki, jak świadczy doświadczenie Hoffmanna. Jeżeli głodzimy zwierzęta aż do zupełnego zniknięcia tłuszczu w ustroju i następnie będziemy podawali pokarm, zawierający tylko białko i tłuszcz, to ustrój zaoszczędza z tego tłuszczu stosunkowo znaczną ilość. Jako kryterium dostatecznego wygłodzenia uważa autor moment, w którym nagle zwiększa się w moczu ilość N, co świadczy, że skutkiem braku tłuszczu rozpoczął się znaczny rozkład białka tkanek. Zwierzę, wygłodzone w ciągu 5 dni, dostało 254 gr. białka i 1854 gr. tłuszczu; z tego pozostało w ustroju 1353. Jasną jest rzeczą, że ta pozostałość nie mogła się składać z białka.

Tłuszcz, zawierający się w pokarmach, jak wspomnieliśmy wyżej, może zastąpić w znacznym stopniu białko pokarmów, tak, iż używając tłuszczu, można utrzymać stałą równowagę azotową ustroju, za pomocą mniejszej ilości białka, niż bez tłuszczu. W doświadczeniach swych Voit i Petenkoffer mogli utrzymać równowagę azotową u psa, podając 150 gr. tłuszczu za pomocą 800 gram mięsa na dobę, podczas gdy bez podawania tłuszczu dla otrzymania równowagi azotowej potrzeba było co najmniej 1800 gr. mięsa.

Ten sam fakt wykazuje także przytoczone wyżej doświadczenie Pilügera

Jeżeli w pokarmach mamy dostateczną ilość białka, a prócz tego zawierają one pewną ilość tłuszczu, to częścią samo białko, częścią tłuszcz pozostają w ustroju jako zbytek w postaci tłuszczu."

Obecność węglowodanów w pokarmach zwiększa również ilość tłuszczu w ustroju. Czy w tym ostatnim przypadku tłuszcz powstaje tylko z tłuszczu i ciał białkowych, czy też wprost z węglowodanów, sprawy nie można dotychczas uważać za rozstrzygniętą. Z doświadczeń Wejskiego i Wildta, dokonanych na prosiętach, możnaby było wnosić, że cały tłuszcz nagromadzony w ustroju zwierzęcia powstaje z ciał białkowych: u prosięcia karmionego w ciągu 6 miesięcy prawie wyłącznie kartoflami, przybyło $5\frac{1}{2}$ kg. tłuszczu; w tym czasie zużyto 14.3 kg. białka, z ilości tej zostało w ustroju podług obliczenia 1.3 kg., uległo zaś rozkładowi 13 kg.; ta ilość białka zużytego mogłaby dostarczyć w przybliżeniu 6 kg. tłuszczu, czyli w tym przypadku samo białko, przyswojone przez ustrój, mogło dostarczyć tej całej ilości tłuszczu, która przybyła w ustroju zwierzęcia.

Labes i Gilbert przeciwnie, powtarzając podobne doświadczenia, wykazali, że przynajmniej 40% tłuszczu może powstać w ustroju kosztem innych ciał. Również i późniejsze doświadczenia Czerwińskiego nad prosiętami nie stwierdziły doświadczeń Wejskiego i Wildta. Czerwiński użył do doświadczeń 2 prosiąt: I. ważyło 7.300 gr. II. 7.290. I zabił odrazu i oznaczył zawartość w całym ustroju tłuszczu i białka. II karmił ziarnem w ciągu 4 miesięcy, poczem również zostało zabite i oznaczono całkowitą ilość białka i tłuszczu; przypuszczając, że w dniu rozpoczęcia doświadczeń oba prosiaki zawierały jednakowe ilości tłuszczu i białka, otrzymamy następujący rezultat:

			białka	tłuszczu	
	prosiak	II.	zawierał	2 k. 52	9 k. 25
	„	I.	„	0·96	0·69
	przyrost więc =			1 k. 56	8 k. 56
przez czas 4 miesiące pobrał w po-					
karmie				7 k. 49	0·66

ostateczny więc rezultat wykazał — 5 k. 93 i + 7 k. 90,

czyli że 7 k. 90 tłuszczu w żaden sposób nie mogło powstać z 5 k. 93 białka i że znaczna część tego tłuszczu musiała powstać z węglowodanów.

Doświadczenia więc powyższe mogą służyć jednocześnie za dowód,

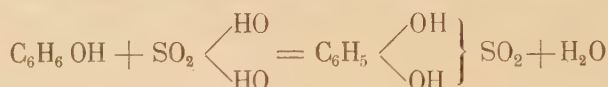
że tłuszcz może powstawać z węglowodanów. Z drugiej strony istnieje szereg badań, z którego wynika, że z kolei tłuszcz może przechodzić w węglowodany. Istnieją bowiem rośliny, które zawierają w sobie sporą ilość tłuszczu. Nasiona takie podczas kiełkowania pochłaniają O_2 i tracą swój tłuszcz a natomiast w nich się zjawia skrobia, gumma, cukier, celuloza. Podobny fakt spostrzegł I. Seegen w ustroju zwierzęcym. Jeżeli weźmiemy dwie porcje świeżej posiekanej wątroby i do jednej dolejemy świeżej odwłóknionej krwi, do drugiej też taką samą ilość krwi i oprócz krwi pewną ilość zawiesiny tłuszczowej i po 5—6 godzinach oznaczymy w obu porcjach ilość cukru, to stale w drugiej porcji ilość cukru bywa większą, niż w pierwszej.

Z innych składników pokarmów wypada jeszcze wspomnieć o kleju czyli żelatynie. Doświadczenia Voita stwierdziły, że ciało to nie może pod żadnym warunkiem zastąpić białka, że jednakże używając kleju, równowagę azotową można łatwiej utrzymać mniejszą ilością ciał białkowych, niż bez kleju. Mimo to do dzisiejszego dnia nie wiemy, czy substancje klejowe pozostają w ustroju jako takie, czy też ulegają rozszczepieniu i tylko pewne grupy, powstałe wskutek rozkładu pozostają w ustroju, czy też w końcu substancje klejowe odrazu ulegają całkowitemu rozkładowi.

Na podstawie badań oddychania, mianowicie oznaczenia CO_2 można twierdzić, że tłuszcze i węglowodany ulegają przeważnie stopniowemu i powolnemu rozkładowi, tworząc CO_2 , tak, iż procesy utlenienia, o których mówiliśmy wyżej, odbywają się przeważnie kosztem tych substancji. W przypadkach, w których ilość tłuszczu lub węglowodanów w pokarmach była większa, niż ustrój zużytkować może, pewna część, szczególnie tłuszczów, niewątpliwie pozostaje w ustroju w postaci niezmienionej. Doświadczenia Lebiediewa i Munka i wielu innych, w których autorowie przez dłuższy czas karmili psów tłuszczem baranin lub rzepakowym, dostarczyły dowodu, że tłuszcz jako taki może przechodzić do ustroju z przewodu pokarmowego, tłuszcz bowiem badanego zwierzęcia składał się przeważnie z tłuszczu dostarczanego w pokarmach, który się znacznie różnił co do swej topliwości i innych własności, od tłuszczu, znajdowanego u prawidłowego psa.

Kilkakrotnie nadmieniliśmy wyżej, że w ustroju obok procesów utlenienia wprawdzie w mniejszym zakresie, lecz niewątpliwie występują także procesy syntetyczne i redukcyjne. Wskażemy jeszcze kilka przykładów: tak w fizjologii trawienia i wydalin widzieliśmy, iż kwas białkowy wprowadzony do ustroju wchodzi w połączenie z glikokolem,

tworząc kwas hipurowy; również podług Bowmanna fenol wprowadzony do ustroju może wchodzić w połączenie z kwasem siarkowym, i, wydzielając 1 cząsteczkę wody, przechodzić w kwas siarkowo-fenolowy:



W podobny sposób cukier gronowy, przechodząc przez rozgałęzienia żył w wątrobie, traci cząsteczkę wody i pojawia się w postaci glikogenu.

Wszystkie przytoczone sprawy możemy zaliczyć do jednej kategorii procesów, ponieważ we wszystkich otrzymane produkty powstają przez utratę cząsteczki wody. Widzieliśmy także w fizjologii trawienia, że kwasy tłuszczowe lub mydła, wprowadzone do ustroju, nie zjawiają się nigdzie w tej samej postaci, lecz spotykamy je jako tłuszcze obojętne; jest więc rzeczą oczywistą, że kwasy tłuszczowe musiały wejść w połączenie z gliceryną, której dostarczył sam ustrój. Połączenie to jeszcze łatwiej występuje, jeżeli jednocześnie wprowadzamy do ustroju glicerynę. Tak Munk, karmiąc przez dłuższy czas znacznie wygłodzonego psa stałymi kwasami tłuszczowymi z tłuszczu baraniego, znalazł następnie wyłącznie tłuszcze obojętne, jednakże, podobnie jak w doświadczeniach Lebediewa, prawie te same, które się zawierały w tłuszczu baranym. W ostatnim czasie podobne doświadczenia względem wytwarzania się tłuszczów obojętnych przeprowadził Minkowski u człowieka. Doświadczenia te w części przynajmniej tłumaczą sposób powstawania tłuszczów z ciał białkowych. Wskutek utlenienia lub rozkładu ciał białkowych może powstać w ustroju wolny kwas tłuszczowy; kwas ten zupełnie tak samo, jak kwas wprowadzony do przewodu pokarmowego, pod wpływem działania żywej protoplazmy może zamieniać się na tłuszcz obojętny.

Oprócz przytoczonych wyżej, istnieje jeszcze cały szereg innych analogicznych spraw syntetycznych, jakkolwiek w ogólności ilość ich w stosunku do spraw rozkładowych jest prawdopodobnie znacznie mniejszą.

Nadmienialiśmy już kilkakrotnie w poprzednich rozdziałach, że ustrój, prócz substancyj pożywnych, potrzebuje koniecznie także pewnej ilości soli mineralnych. Jakie znaczenie mają te sole w przemianie materij, do dziś dnia określić nie możemy. Pewna ich część niewątpliwie jak np. NaCl odgrywa ważną rolę w sprawach dyfuzyjnych i osmotycznych rozmaitych substancyj z jelit do naczyń i tkanek; z drugiej strony, niektóre, jak np. sole wapniowe, a w szczególności fosforan wa-

pniowy, wchodzi jako główny składnik niektórych części ustroju, jak np. kości; w końcu żelazo jest jednym z głównych składników hemoglobiny. Podobną rolę odgrywa we wszystkich elementach tkaninowych potas, a względnie jego połączenia. Czy i inne sole mają jakie znaczenie dla ustroju, nie wiemy. W doświadczeniach, przy których pokarmy były pozbawione sztucznie soli, przyswajanie bywa znacznie utrudnione, a zwierzę wcześniej lub później, podobnie jak zupełnie głodzone, ginie.

Wartość substancyj pożywnych.

Wartość substancyj pożywnych dla ustroju zależy oczywiście od tego, jaką ilość energii ustrój wydobywa z danej substancji, którą przyswoił. Dopóki ustrój pozostaje w tych samych warunkach, ilość energii zużywanej musi pozostać tą samą bez względu na rodzaj pokarmów, które zwierzę pobiera. Wobec tego możnaby wartość substancyj pokarmowych oznaczać na podstawie tej ilości ciepła, którą one w ustroju wytwarzają, czyli oznaczyć dla rozmaitych substancyj odpowiednie równoważniki ciepła. Takie równoważniki substancyj pokarmowych nazwał Rubner *izodynamami*. Wypada jednak ściśle odróżnić izodynamy fizjologiczne od fizycznych, gdyż substancje, które przy spaleniu w kalorymetrze mogą dawać równe ilości ciepła, mogą się zachowywać zupełnie inaczej w ustroju i nie być izodynamami. To niejednakowe znaczenie rozmaitych substancyj pożywnych wynika już z tego faktu, że substancje białkowe np. nie mogą być całkowicie zastąpione przez tłuszcze lub wodniki węgla; jednakże w razie, gdy pokarm nasz zawiera wszystkie trzy kategorie substancyj pożywnych, jak to ma miejsce zwykle, wytwarza się pewnego rodzaju zastępstwo, a względnie podział pracy pomiędzy substancjami białkowymi i drugorzędnymi. Prawa, podług których ten podział pracy między rozmaitemi substancjami się odbywa, muszą być także doświadczeniem zbadane i wyjaśnione.

Z doświadczeń i obliczeń Pflügera, które w tym celu były przeprowadzone, wypada, że udział białka w całej przemianie materij w ustroju określa się ilością jego w pokarmach bez względu na to, czy dużo czy mało wodanów węgla i tłuszczów obok białek do ustroju wprowadzamy. Zatem, jak wykazuje Pflüger, przemawiają także doświadczenia Petenkoffera i Voita, jakkolwiek ci sami autorowie i ich uczniowie wypowiadali przekonanie, że białko tylko o tyle bierze udział w wy-

mianie materji, o ile zachodzi brak substancyj tłuszczowych i węglowodanów. I rzeczywiście obliczenia, które Pflüger nad doświadczeniami Petenkoffera z roku 1859 wykonał, wykazały zupełną zgodność z wynikami doświadczeń jego własnych. Voit i Petenkoffer przeprowadzali doświadczenia nad psem, który przez dłuższy czas był żywiony samem mięsem (podawano mu dziennie 1800 gr.) i w ten sposób był doprowadzony do stanu zupełnej równowagi azotowej. Tego psa następnie, począwszy od 1 kwietnia 1859 r., żywili autorowie dalej, dodając mu jeszcze 250 gr. tłuszczu; jakkolwiek więc już powyższa ilość samego mięsa wystarczała do pokrycia wszystkich strat, jakie ustrój ponosił, dodano mu tłuszczu, którego wartość przenosiła wartość samego mięsa tak, że pies ten otrzymywał właściwie 2 razy tyle pokarmu, ile go potrzebował. Otóż z obliczeń, które przeprowadził Pflüger na podstawie podanych rozbiórów moczu i kału, pies ten zużywał 92% podanego mu mięsa i 54% tłuszczu tak, iż stosunek zużytego białka do tłuszczu był jak 25:1, jakkolwiek wartość jednego grama tłuszczu pod względem ciepła jest dwa razy większa od wartości 1. gr. białka. Widzimy więc, że i w doświadczeniach dawniejszych wskutek tak znacznej ilości tłuszczu zaoszczędzono zaledwo 8% mięsa. W innem doświadczeniu Voita ta oszczędność zużytkowanego białka wynosiła zaledwo 2.5% tak, iż stosunek zużytego białka do tłuszczu wynosił 80:1. Na podstawie tych doświadczeń oraz dalszych prób Pflügera, musimy dojść do wniosku, wbrew temu, jak się dotychczas przyjmowało, że białko w wymianie materji zastępuje tłuszcz i że nawet w razie, gdy jednocześnie z białkiem wprowadzamy do ustroju tłuszcz w bardzo znacznej ilości, tylko stosunkowo bardzo mała część białka może być przez tłuszcz zaoszczędzoną, mianowicie średnio zaledwo 7%. Tem się tłumaczy, dla czego w codziennych naszych pokarmach prawie cała ilość białka, która wogóle nie jest w stanie pokryć wszystkich potrzeb, ulega rozkładowi, i tylko brak, który białko przedstawia, zostaje uzupełniony przez zużycie substancyj tłuszczowych. Jeżeli wprowadzamy substancyj tłuszczowych za dużo, to one pozostają w ustroju, i w ten sposób ustrój się tuczy. Białko zatem przyczynia się do tuczenia nie przez to, że, jak twierdził Voit, samo przechodzi w tłuszcz, lecz przez to, że zostaje zużywane zamiast tłuszczu. Tak samo się rzecz ma i z węglowodanami, które pobieramy w pokarmach obok białek i w tym przypadku ilość zaoszczędzonego przez węglowodany białka, jest również bardzo nieznaczną; nawet po najobfitszem podawaniu węglowodanów, zużywanie białka bardzo mało się zmienia, tak, iż największa jego oszczędność

dochodzi najwyżej 9% tej ilości mięsa, która sama wystarcza do utrzymania zupełnej równowagi ustroju. Zużywanie substancyj białkowych odbywa się zatem we wszystkich przypadkach zupełnie niezależnie i jakby bez względu na obecność innych substancyj pokarmowych i tylko stosunkowo mała część białka przez tłuszcz i węglowodany może być od tego zużywania zaoszczędzoną. I tu także tylko ta ilość węglowodanów, która, będąc częścią uzupełniającą pokarm białkowy, przewyższa potrzebę ustroju, zamienia się na tłuszcz, który w ustroju pozostaje. To twierdzenie Pflügera popierają nie tylko jego doświadczenia, ale także doświadczenia Voita, z których sam Voit tego wniosku wyciągnąć nie potrafił. Mimo to wypada przyznać, że praca mechaniczna ustroju, jak również ciepło, pochodzą głównie z substancyj nie azotowych. Podczas usilnej pracy wzrasta ilość wydalonego CO_2 i zużytego O_2 a bardzo mało CON_2H_4 . Eick i Wislicenus oznaczyli, że podnosząc się na Faulhorn (1956 m.) w ciągu 6 godzin dokonali daleko większej pracy, niż ta, którą możnaby było uzyskać wskutek zużycia substancyj białkowych. W końcu wypada jeszcze wspomnieć, że Petenkoffer i Voit stwierdzili, iż okres pracy i spoczynku różnią się bardzo mało pod względem zawartości w moczu siarkanów i fosforanów, co także przemawia za względnie małym udziałem w przemianie substancyj białkowych.

Niezbędne poprawki do obliczenia przychodu energii.

Chcąc obliczyć rzeczywisty przychód energii, zawartej w pobranych pokarmach, musimy, jak to zauważyliśmy wyżej, znać dokładnie ilości ciepła, które mogą być wytworzone wskutek spalania substancyj pokarmowych, oraz te ilości, których może jeszcze dostarczyć wyprowadzony z ustroju pokarmowego kał. Spostrzeżenia, poczynione przez dawniejszych autorów, a także Pflügera, wykazują, że nawet podczas wyłączonego odżywiania mięsem, nie można kału uważać za produkt rozkładowy lub pozostałość mięsa, lecz przeciwnie, prawie zawsze kał taki zawiera stosunkowo znaczną ilość tłuszczu, który w żaden sposób nie może pochodzić z mięsa, użytego za pokarm; nadto właściwości kału podczas mięsnej diety zmieniają się zależnie od warunków życia zwierzęcia, oraz od ilości kału; w doświadczeniach Pflügera pies, który był używany do ciągnięcia wózka, podczas pracy produkował prawie dwa razy więcej kału, niż podczas spoczynku, również wykazały spostrzeżenia, że kał głodzonych mięsożernych zawiera stosunkowo więcej tłuszczu; tak np. w pracowni monachijskiej z suchego kału, po zakwa-

szeniu w jednym przypadku otrzymano 34%, w drugim 47.92% wyciągu eterycznego, złożonego prawie wyłącznie z tłuszczu. U psów, którym podawano znaczną ilość mięsa, ilość kału stosunkowo zwiększała się nieznacznie, jak również zawartość tłuszczu; pod tym ostatnim względem nie spostrzegano znaczniejszych wahań nawet w tym przypadku, gdy obok mięsa podawano także tłuszcz w znaczniejszej ilości; zawsze ilość tłuszczu wynosiła w przybliżeniu około 26.5% suchej pozostałości kału.

W doświadczeniach Pflügera ilość tłuszczu w kale była stale mniejszą, mianowicie wynosiła zaledwo od 3 — 5% suchej pozostałości, co autor tłumaczy przyzwyczajeniem psa do dobrego wyzyskiwania pobieranego pokarmu wskutek niedostatecznego odżywiania przedtem, niż zwierzę przyjęte zostało do laboratorium. Dzielne wydzielanie tłuszczu w kale stawało się 2 — 3 razy mniejsze podczas pracy, a ponieważ w tym ostatnim przypadku pies produkował prawie dwa razy tyle kału, niż w stanie nieczynności, więc procentowa zawartość tłuszczu wynosiła zaledwie $\frac{1}{5}$ część tej ilości, którą pies wydelał podczas spoczynku; natomiast odsetka azotu w suchej pozostałości kału u psa podczas pracy była dwa razy tak wielką, jak podczas spoczynku. Jeżeli jednakże ilość azotu obliczona na kał po odjęciu tłuszczu, soli i popiołu, to w obu wypadkach otrzymywano prawie te same ilości, mianowicie 14.1%. Zachodzi także zasadnicza różnica co do elementarnego składu w rozbiorach Bischoffa i Voita z jednej strony, a Pflügera z drugiej, a mianowicie:

	Bischoff i Voit	Pflüger
Ilość C	62.05	51.75
» H	9.24	7.20
» N	9.26	15.0
» O	19.45	26.5

Różnice te, jak wykazuje Pflüger, zależą tylko od tego, że zawartość tłuszczu w kale u pierwszych dwóch autorów była inną, niż w doświadczeniach Pflügera; jeżeli bowiem autor obliczał skład elementarny mieszaniny, która się składała z równych części tłuszczu i suchego kału mięsnego jego psa, to otrzymywał prawie te same liczby, co Voit i Bischoff; oczywiście więc obaj ci autorowie mieli do czynienia z kałem, zawierającym znaczną ilość tłuszczu.

Jeżeli idzie o oznaczenie wartości pod względem energii, którą ustrój może wyzyskać ze spożytego mięsa lub białka, musimy, jak już zauważyliśmy wyżej, oznaczyć ilość ciepła, którą może jeszcze produ-

kować sucha pozostałość kału po odjęciu tłuszczu i popiołu. Zdaniem Pflügera w obliczeniach tych nie możemy brać w rachubę tłuszczu z tego powodu, że tłuszcz znajdujący się w kale nie pochodzi z mięsa lub białka, zawartego w pokarmach. Na podstawie obliczeń, przeprowadzonych w dwojaki sposób, przychodzi autor do wniosku, że 1 gr. azotu zawartego w kale, po odjęciu tłuszczu i popiołów odpowiada 28.2 jednostkom ciepła.

Ponieważ 1 gr. suchego pozbawionego popiołu mięsa wołowego na podstawie obliczeń Stohmanna i Langbeina, oraz Rubnera produkuje na 1 gr. azotu 34.59 jednostek ciepła, a w organizmie badanego przez Pflügera psa, po uwzględnieniu ciepła, które mogą produkować części składowe moczu, zawierające azot, oraz powyższego obliczenia ciepła z kału, 1 gr. azotu odpowiada 25.98 jednostkom ciepła, ustrój więc tego psa zużytkował 75.1% energii zawartej w mięsie; u psa nieczynnego ilość ta była większą, mianowicie wynosiła 77.4%.

Również co do znaczenia tłuszczu i jego wessalności, pozostaje Pflüger na innym stanowisku. W rozdziale o trawieniu przytoczyliśmy liczby, które na podstawie dawniejszych spostrzeżeń wykazywały wessalność substancji tłuszczowych. Wessalność ta jest dość znaczną, jednak żaden z autorów nie podawał dotychczas, że ona jest całkowitą. Inaczej zapatruje się na tę rzecz Pflüger. Ponieważ ilość tłuszczu w kale nie zmienia się ze zmianą ilości tłuszczu w pokarmach, tj. pozostaje prawie zawsze tą samą bez względu na to, czy pokarmy zawierają tylko ślady tłuszczu, czy też bardzo wielkie jego ilości, wypada więc wnosić, że tłuszcz wprowadzony do przewodu pokarmowego, zostaje całkowicie wessany, tłuszcz zaś zawarty w kale jest innego pochodzenia; można więc przyjąć, że prawie 100% tłuszczu ulega wessaniu. Do wniosku tego doprowadziły Pflügera następujące jego doświadczenia:

1) Pies w spoczynku: pokarm 1937.5 gr. mięsa, w tem 8.3gr. tłuszczu, w suchym kale 48% tłuszczu, razem 1.3 gr. tłuszczu.

2) Pies podczas pracy: pokarm 2368.1 gr. mięsa, w tem 10.1 gr. tłuszczu, w suchym kale 3.3% tłuszczu, razem 1.053 gr. tłuszczu.

3) Bez pracy: pokarm 1076.5 gr. mięsa, w tem 80 gr. tłuszczu 160 gr. ryżu, w suchym kale 54% tłuszczu, razem 1.3 gr. tłuszczu.

4) Także spoczynek: pokarm 1439 gr. mięsa, 150 gr. masła, 400 gr. ryżu, w suchym kale 3.6% tłuszczu, razem 1.066 gr. tłuszczu,

Według doświadczeń Rubnera, Stohmanna i Langbeina, ilość ciepła, którą produkuje 1 gr. tłuszczu, odpowiada 9.461 jednostkom ciepła;

masło posiada nieco mniejszą ilość ciepła, mianowicie na 1 gr. przypada 9.192 jednostek. Z tego wynika, że w doświadczeniach, w których do białek dodaje się tłuszczu, o ile można trzeba używać tłuszczu jednego gatunku.

Ażeby oznaczyć wartość pożywną węglowodanów dla ustroju, potrzeba także obliczyć ich ilość w kale.

W doświadczeniach Pflügera. jeżeli zmniejszano ilości mięsa w pokarmie dziennym, to równocześnie można było stwierdzić zmniejszenie się ilości azotu w kale, np. jeżeli pies podczas wyłącznego żywienia się mięsem, pobierał 62.4 gr. N, to wydawał 28.8 gr. suchego kału, zawierającego 3.3 gr. N. Stan taki bez zmiany trwał przez 9 dni, dopóki przychód N w pokarmach nie został zmniejszony; gdy następnie zmniejszono tę ilość wobec równoczesnego podawania węglowodanów, to ilość azotu w kale wynosiła 2.3 gr. N. (przyczem dodano do 37.4 gr. N w mięsie 192.8 gr. węglowodanów). Jeżeli w tym przypadku obliczymy suchą pozostałość kału, na podstawie pobranej ilości mięsa, to ona powinna była wynosić 17.3 gr. a ponieważ zwierzę wydawało w tym czasie 24.5 gr. kału, więc zdaniem autora tę różnicę 7.2 gr. kału wypadało odnieść na koszt węglowodanów tak, iż obliczając to w procentach znaleźlibyśmy, że z wprowadzonych węglowodanów pozostaje w kale 3.8%, która to liczba zupełnie się zgadza z dawniej podaną przez Rubnera liczbą 3%.

Podług Stohmanna 1 gr. skrobi ryżowej daje 4.1912 jednostek ciepła; po odliczeniu powyższej ilości skrobi, w kale pozostającej, znajdziemy, że 1 gr. skrobi produkuje w ustroju 4.066 jednostek ciepła czyli 1 gr. skrobi pod względem produkcji ciepła może być zastąpiony przez 0.4292 gr. tłuszczu. W doświadczeniach, w których ustrój przybierał na wadze wskutek zbytku węglowodanów w pokarmach wprowadzanych, autor już z góry mógł obliczyć przyrost zwierzęcia, przypuszczając, że całkowity zbytek węglowodanów pozostaje w ustroju w postaci tłuszczu. Zgodność, którą wykazują bezpośrednie obserwacje z obliczeniami, służy podług autora za najlepszy dowód, że węglowodany pozostają w ustroju tylko w postaci tłuszczów.

Potrzeby ustroju.

Potrzeby odżywiania ustroju nie są oczywiście jednakowe, lecz zależą z jednej strony od warunków, wśród których ustrój pozostaje, od jego mniejszej lub większej czynności, z drugiej od warunków, wśród

których się rozwija; z tego wynika, że każdy ustrój w pewnych granicach procesy swej wymiany materji przystosowuje w pewnym stopniu do pobieranych pokarmów. Przystosowawcza zdolność ustroju jest tem większa, im więcej i częściej zmieniają się warunki, wśród których ustrój żyje; jednak dla każdego ustroju i wśród wszelkich warunków życia można oznaczyć jego »potrzeby odżywiania«. Te potrzeby odżywiania proponuje Pflüger oznaczać najmniejszą ilością białka, za pomocą którego badane zwierzę o pewnej wadze, w średniej temperaturze otoczenia może być utrzymane w zupełnej równowadze bez użycia wszelkich innych pokarmów. Z doświadczeń i obliczeń Pflügera przypadało w grudniu w temperaturze 9° na 1 klg. psa 2.073 gr. N,— w lipcu— w temperaturze 16.2° — 2.056; prawie takie same liczby otrzymali Petenkoffer i Voit. Z innych jeszcze doświadczeń Voita i Petenkoffera po ponownem obliczeniu przychodu i rozchodu ustroju wyciągnął Pflüger wniosek, że 1500—2000 gr. mięsa powstrzymuje rozkład tłuszczu tak, iż na psa, ważącego 31.12 klg., przypada 66.85 gr. N, czyli na 1 klg. psa 2.13 gr. N; zatem średnio z tych wszystkich spostrzeżeń wypada, że skoro ilość N w mięsie pobranem dochodzi do 2.1 gr. na 1 klg. wagi ciała, zużytkowanie tłuszczu ustaje. Ilość ta, jak widzimy, odpowiada prawie zupełnie tej, którą Pflüger znalazł w swoich własnych doświadczeniach, a która wynosi 2.073 gr. Na podstawie zgodności wyników tych doświadczeń, wykonanych przez przeciąg 30 lat i obecnie z wszelkiem prawdopodobieństwem można twierdzić, że *zużywanie tłuszczu w ustroju ustaje, skoro wprowadzamy białka tyle, ile go potrzeba do zadość uczynienia wszystkim potrzebom ustroju.*

Ponieważ w ciągu 24 godzin wymiana materji w ustroju musi ulegać wskutek warunków wewnętrznych i zewnętrznych znacznym wahaniom, ponieważ potrzeby ustroju także się zmieniają: podczas dnia są zwykle większe, niż podczas nocy, przeto ilość białka, która w ciągu 24 godzin powinna wystarczać na wszystkie potrzeby ustroju, w pewnych godzinach dnia może być niewystarczającą, a w takim razie oczywiście powstający w tym czasie niedobór musi być pokryty kosztem zapasów istniejących w ustroju, a więc kosztem tłuszczu. Jakkolwiek więc przy odżywianiu psa mięsem chudym prawie zupełnie utrzymuje się równowagę azotową zwierzęcia, to jednak nie możemy twierdzić, że on żyje tylko kosztem białka i nie zużywa zupełnie tłuszczów. Oczywiście, że w takim razie musiałyby pozostać pewien zbytek substancyj azotowych w ustroju, i jeżeli go nie otrzymujemy, to musimy przyjąć zgodnie z dawniejszemi doświadczeniami, że przynajmniej część sub-

stancij azotowych ulega zmianie na tłuszcz, za pomocą którego uzupełnia ustrój braki, powstające w godzinach nadzwyczajnego wysiłku ustroju. W ostatnich swych doświadczeniach podnosi Pflüger jeszcze jedną kwestję, mianowicie jest on zdania, że cała wymiana materji, a w szczególności pobieranie tlenu, odbywa się wyłącznie tylko przez same komórki i ich protoplazmę lub elementy, powstające z komórek. Wszystko to razem nazywa on *mięsem ustroju* i przyjmuje, że potrzeby odżywcze ustroju są proporcjonalne do ciężaru mięsa ustroju, nie zaś do całkowitego ciężaru ciała, jak dotychczas przyjmowano. Przez ciężar mięsa ustroju rozumie autor ciężar zwierzęcia bez tłuszczu, treści przewodu pokarmowego i moczu. Oczywiście, że o ile do pewnego stopnia można uwzględnić albo usunąć błędy, wynikające z powodu treści przewodu pokarmowego i pęcherza, o tyle w warunkach zwykłych jest rzeczą niepodobną odliczyć od ogólnego ciężaru ciała ciężar tłuszczu. Zdaniem, autora, i to jest możliwe, jeżeli się zwierzę karmi przez bardzo długi czas wyłącznie chudem mięsem, tak np. pies, którego on odżywiał chudem mięsem od maja 1890 r. do 20 grudnia 1890 r., a który mógł wykonywać znaczną pracę, tak był chudy, że wszystkie kości sterczały mu zupełnie przez skórę i mogły być najdokładniej policzone, a pod skórą nigdzie nie można było wyczuć najmniejszych złogów tłuszczu. Pies ten, gdy go zaczęto następnie karmić także tłuszczem dnia 18 stycznia 1891 r. zdechł nagle bez poprzedniej choroby; przy sekcji nie wykryto najmniejszych zmian; lecz wyniszczenie, pod względem tłuszczu, można było jeszcze wykazać, chociaż pies przez kilka tygodni dostawał już tłuszcz. Otóż u takiego psa, zdaniem Pflügera, można ciężar mięsa ustroju obliczyć i tylko takie zwierzę może służyć do dokładnego oznaczania potrzeb ustroju.

Prócz tego Pflüger starał się także oznaczyć, o ile można zwiększyć ilość pokarmów po nad potrzeby ustroju, i na podstawie szeregu doświadczeń dowodzi, że trawienie w przewodzie pokarmowym psa wogóle dostarcza ustrojowi nie wiele więcej białka, po nad tę ilość, której wymagają rzeczywiste potrzeby ustroju; podług niego ilość ta może co najwyżej dochodzić do 30—40% po nad normę potrzeb. Jeżeli jednakże używamy pokarmów mieszanych, to przyswojona ilość pokarmów może kilkakrotnie przewyższać potrzeby ustroju, zwłaszcza jeżeli używamy dużo tłuszczów i węglowodanów. Ponieważ węglowodany należą do najtańszych w ogóle produktów, więc też przy tuczeniu posługujemy się zwykle wielkimi ich ilościami z możliwie małą domieszką białka. Jeżeli podczas tuczenia dodajemy nadto jeszcze nieco więcej

białka, to białko dodane odrazu zostaje zużyte na pokrycie potrzeb ustroju, zbytek zaś substancyj bezazotowych pozostaje jako tłuszcz. Tem się tłómaczy to znaczenie, jakie odgrywają substancje białkowe i ta ich niezbędność podczas tuczenia, jednakże jest ona tylko następstwem zaoszczędzenia wskutek użycia białka tych substancyj, które tłuszcz wytwarzają, nie zaś wskutek przejścia samego białka w tłuszcz. Przy karmieniu samem tylko mięsem, t. j. substancjami białkowymi, jeżeli ilość podawanych pokarmów przewyższa rzeczywiste potrzeby ustroju, możliwy jest wzrost ustroju tylko kosztem przyrostu mięsa (t. j. *Fleischmästung*), lecz w takim razie przyrost ustroju jednocześnie pociąga za sobą i przyrost potrzeb tak, że w jednych i tych samych warunkach zbytek coraz bardziej się zmniejsza. Ten przyrost mięsa ustroju jest możliwy, mianowicie wtedy, gdy ilość białka przewyższa konieczne potrzeby tej substancji wobec udziału w odżywianiu innych substancyj, a mianowicie wtedy, kiedy 7 — 16% pobranego białka zaoszczędza się przez zużycie w ustroju substancyj bezazotowych, ten przyrost mięsa jest wszelako zawsze bardzo kosztownym.

Przychód i rozchód.

Przychód materji. Podane wiadomości pozwalają nam przystąpić do obliczenia rzeczywistego przychodu materji w ustroju, a także do oznaczenia w każdym danym przypadku, który z pożywnych składników przyjętych pokarmów i w jakiej ilości pozostał w ustroju niez użytym. Jeżeli dokładnie zbadamy wszystkie składniki pokarmów, wydalin i kału, oraz wydechane powietrze, to ostatecznie znajdziemy, że w każdym przypadku, gdy zwierzę pobiera dostateczną ilość pokarmów, zawsze pozostaje w ustroju pewna ilość materji w postaci oznaczonej ilości azotu N, węgla C, wodoru H, tlenu O, siarki S, fosforu Ph i innych pierwiastków; wskutek tego zwierzę przybiera na wadze. Przypuśćmy, że w ciągu pewnego czasu zwierzę przybrało na wadze P gramów; powstaje więc pytanie, z czego się właściwie składa ten przyrost. Ponieważ wiemy, że azot przeważnie, jeżeli nie wyłącznie znajdujemy w ustroju w postaci ciał białkowych, więc możemy przypuścić, że cała ilość azotu, pozostająca w ustroju, wchodzi w skład protoplazmy, jako ciało białkowe. Oczywiście, że w skład tego ciała białkowego wchodzi także pewna ilość C, H, O, S; ilość tę na podstawie składu chemicznego ciał białkowych możemy dokładnie oznaczyć. W ten sposób możemy znaleźć, że z pozostałych P gramów substancyj przypada na ciała biał-

kowe p . Jeżeli znajdujemy, że $p < P$, to znaczy, że w ustroju pozostaje jeszcze pewna ilość substancyj, nie zawierających azotu. Taką inną substancją może być przede wszystkim tłuszcz. Przypuśćmy, że w skład p gramów ciał białkowych wchodzi c gramów węgla, pozostaje więc jeszcze $C - c$ gramów węgla, które ustrój może zawierać tylko w postaci tłuszczu. Przypuśćmy, że $C - c = c_1$, znając skład tłuszczu, możemy z pewnem przybliżeniem wyliczyć ilość tłuszczu, który może powstać z c_1 gramów węgla. Niech ta ilość tłuszczu wynosi p_1 gramów w skład jego wchodzi oczywiście odpowiednia ilość H i O . W ten sposób oznaczylibyśmy ilość zużytego azotu i węgla i znaleźlibyśmy p gramów ciał białkowych $+ p_1$ gr. tłuszczu, a ponieważ cały przyrost ustroju wynosił P gr., więc pozostałoby jeszcze $P - (p + p_1)$ gr. materii w jakiejś innej postaci. Jeżeli $P - (p + p_1) = 0$, to oczywiście wszystkie składniki w ten sposób byłyby oznaczone. Jeżeli w pewnym przypadku P jest większe od $p + p_1$, to oczywiście pozostaje jeszcze w ustroju pewna ilość H , O , S lub innych elementów bądź w postaci H_2O , bądź w postaci innych ciał. Może wreszcie zachodzić i taki przypadek, że $P < p + p_1$; w takim razie, ponieważ N i C wzięliśmy w tych ilościach, w których się znajdowały w pokarmach, więc na wytworzenie białek i tłuszczu musiałyby być zużyte H i O już w ustroju się znajdujące. W ten sposób, znając w każdym danym przypadku wszystkie elementy zawarte w pokarmach, oraz skład wydaliny, możemy z pewnem przybliżeniem oznaczyć nie tylko przybytek ustroju na wadze, lecz także postać, w jakiej pokarmy zostają przyswojone, lub ile ustrój traci na wadze i które z elementów ulegają rozkładowi i zostają przez ustrój zużyte.

Przychód energii. W fizjologii mięśni i układu nerwowego widzieliśmy, że ustrój zwierzęcy może wykonywać cały szereg czynności, które polegają na przemianie energii potencjalnej w energię kinetyczną. Ponieważ czynności te ustrój wykonywa przez cały ciąg swego życia, więc musi istnieć stałe i ciągłe źródło potencjalnej energii w ustroju. Znając przemiany, którym w ustroju pokarmy ulegają, musimy przyjąć, że źródłem tej energii są przemiany chemiczne a względnie utlenienie głównych substancyj pożywnych, mianowicie białek, tłuszczu i węglowodanów. Widzieliśmy w poprzednim rozdziale, że ostatecznym produktem takiego utlenienia ciał białkowych jest mocznik lub kwas moczowy, ostatecznym zaś produktem utlenienia tłuszczów i węglowodanów są CO_2 i H_2O . Jakkolwiek te procesy utlenienia odbywają się prawdopodobnie, jak to zauważyliśmy wyżej, w samych cząsteczkach żyjącej protoplazmy, jakkolwiek ciała chemiczne, które przytem powstają, przedstawiają

cały szereg substancyj przejściowych i stopniowo tylko przechodzą w połączenia coraz wyżej utlenione, to jednakże, na podstawie wszystkim znanego prawa fizycznego zachowania energii, musimy przyjąć, że ilość energii, która wskutek tej przemiany materii, chociażby stopniowej, była wywiązana, równa się tej ilości energii, jaka może być otrzymana przez bezpośrednie ostateczne utlenienie. To ma znaczyć, że gdybyśmy utlenili białko do mocznika lub kwasu moczowego, tłuszcz zaś i węglowodany do CO_2 i H_2O , otrzymalibyśmy tę samą ilość energii, np. ciepła, jaką one wywiązują w ustroju podczas stopniowych przeistoczeń. Wskutek tego możemy oznaczyć ilość energii, którą ustrój wywiązuje w ciągu pewnego czasu, jeżeli mamy ilość substancyj, które ustrój przyswaja, jeżeli wiemy, które z tych substancyj pozostają w ustroju jako takie, które zaś zostają zużyte, i jeżeli oznaczymy ilość energii, którą wskutek utlenienia zużyte substancje wytwarzają. Energię tę możemy wyrazić w jednostkach ciepła lub też w jednostkach pracy mechanicznej. Do oznaczenia ilości energii służą osobne tablice podane przez fizyków, np. Franclanda i innych, w których ilość energii jest wyrażona w gramostopniach i kilogramometrach. Jest to ta energia, którą otrzymujemy wskutek ostatecznego utlenienia rozmaitych substancyj. Tak w nadmienionej tablicy Franclanda mamy, że

1 gr. tłuszczu zwierzęcego daje	9069 grst.	czyli	3841 kgm.
1 » masła	» 7264 »		3077 »
1 » arrow-root	» 3912 »		1657 »
1 » mięsa bez tłuszczu	5103 »		2161 »
1 » mocznika	2206 »		934 »

Przypuszczając, że cały azot został wydzielony w formie mocznika, 1 gr. białka wskutek utlenienia do mocznika wywiązałby oczywiście o tyle mniej energii, ile jej jeszcze pozostaje w mocniku. Ażeby więc oznaczyć ilość energii, którą może wywiązać 1 gr. białka podczas utlenienia w ustroju, musimy energię mocznika odciągnąć od energii białka. Ponieważ 1 gr. mięsa w przybliżeniu daje $\frac{1}{3}$ gr. mocznika, a więc 1 gr. mięsa daje energii $5103 - 735 = 4638$ grst. czyli $2161 - 311 = 1850$ kgm.

Jeżeli będziemy uważali za dyetę prawidłową tę, którą podaje Ranke, to ilość energii ustroju na dobę będzie następująca:

100 gr. białka	daje	436,800 grst.	185,000 kgm.
100 » tłuszczu	»	906,900 »	384,100 »
240 » skrobi	»	938,880 »	397,681 »

czyli razem 440 gr. pokarmu daje 2,281,580 grst. 966,780 kgm.

czyli w przybliżeniu 2300 kaloryj, lub milion kilogramometrów. Zatem energia, którą dziennie ustroj wytwarza, mogłaby służyć jako źródło siły do podniesienia samego człowieka (60 kg.) na wysokość 16,000 m.

Wydatek energii. Całą tę ilość energii, która w ustroju powstaje, zużytkowuje ustroj w rozmaity sposób. Jednakże główne rodzaje strat są dwa następujące: pierwszy stanowią straty energii w postaci ciepła, drugi w postaci pracy mechanicznej.

Jakkolwiek oznaczenie tak jednego jak i drugiego rodzaju strat jest wogóle dość trudne i do dziś dnia za pomocą doświadczeń dokładnie nie jest przeprowadzone, jednakże już na podstawie istniejących faktów możemy przypuścić, że na mechaniczną pracę ustroju, która się składa z rozmaitych ruchów ustroju: przenoszenia go z miejsca na miejsce oraz przenoszenia obcych ciężarów, ustroj traci w ciągu doby w przybliżeniu około 150,000 kgm. energii, całą więc resztę t. j. 850,000 kgm. zużywa w postaci ciepła, a mianowicie: na ogrzanie pokarmów i wydalin około 2.6%, na ogrzanie powietrza wdechanego średnio: 5.8%, jako ciepło utajone pary wodnej, którą tracimy przez płuca: 17.7% i nareszcie z powierzchni skóry, bądź w postaci ciepła utajonego pary potu, bądź w postaci promieniowania: 77.5%. Zatem w szczególności główne straty energii ustroju objawiają się w postaci ciepła, które tracimy głównie przez skórę i płuca, i na tej podstawie możemy twierdzić, że główną formą, w której się potencjalna energia substancyj pokarmowych objawia, jest rzeczywiście ciepło.

Źródła ciepła. Źródłem ciepła są przemiany, którym ulegają cząsteczki substancyj pożywnych od pierwszej chwili ich wejścia w skład protoplazmy tkanek.

Oczywista jest rzeczą, że jeżeli przemiany chemiczne, zachodzące w protoplazmie, są źródłem ciepła, to w tych tkankach, w których przemiana materji jest energiczniejszą, także produkcya ciepła musi być większą, niż w innych, w których wymiana ta jest mniej energiczną. Dla tego pierwsze miejsce w sprawie produkowania ciepła w ustroju zajmuje niewątpliwie układ mięśniowy, w którym, jak widzieliśmy wyżej, protoplazma mięsna należy pod względem wymiany składników do

najenergiczniejszych tkanek i ilościowo stanowi najbardziej rozpowszechnioną tkankę w ustroju.

Produkcyę ciepła w mięśniach możemy wykazać w rozmaity sposób. Fick, Heidenhain i inni oznaczali produkcyę ciepła w mięśniach żab z pomocą pomiarów kalorymetrycznych. Fick starał się nawet oznaczyć ilość tego ciepła; podług niego mięśnie uda żabiego podczas pojedynczego skurczu wytwarzają około 3 mikrojednostek ciepła na każdy gram mięśnia. Jakkolwiek termoelektrycznych pomiarów pojedynczych mięśni do dziś dnia nie posiadamy, to mimo to produkcyę ciepła w mięśniach nie ulega wątpliwości; na zwierzętach ciepłokrwistych można się bardzo łatwo przekonać, że podczas każdej pracy mechanicznej zwiększa się produkcyę CO_2 i absorbeyę tlenu, oraz podnosi się temperatura; nadto Ludwig wykazał bezpośrednio, że podczas skurczu mięśnia temperatura jego może wzrosć o 1 lub więcej stopni, nawet wtedy, gdy on jest pozbawiony krwi. Podobne doświadczenia przeprowadził Smith, który za pomocą termometru badał temperaturę krwi tętniczej i żyłnej w mięśniu; badania te wykazały, że podczas skurczu temperatura krwi żyłnej może przewyższać temperaturę krwi tętniczej o 1° ; w miarę znużenia mięśnia różnica ta staje się coraz mniejszą.

Jednakże nie tylko podczas skurczu mięsień jest źródłem ciepła, prawdopodobnie i podczas spoczynku procesy chemiczne, które się w mięśniu odbywają, są także przyczyną znacznej ilości ciepła; zresztą stan spoczynku w mięśniu prawidłowym jest tylko pozornym, gdyż wskutek istnienia mięśni antagonistycznych właściwie układ mięśniowy ciągle pozostaje w stanie pewnego tężcowego skurczu, czyli stale pozostaje w słabym stanie czynnym. Ten wpływ układu mięśniowego nawet podczas spoczynku, pomijając grupy mięśni, które z obowiązku muszą być ciągle czynnymi, jak np. mięśnie oddechowe, można najwybitniej wykazać za pomocą doświadczeń, w których układ mięśniowy zostaje w ten lub inny sposób ubezwładniony lub porażony, np. wskutek przecięcia rdzenia; nawet proste zupełne unieruchomienie zwierzęcia pociąga za sobą szybkie obniżenie temperatury ustroju o kilka a nawet kilkanaście stopni.

Drugiem źródłem ciepła w ustroju są narządy wydzielnicze, gruczoły. Widzieliśmy wyżej, że we wszystkich prawie gruczołach powstają osobne substancye chemiczne; oczywiście, że powstanie tych substancyj musi być następstwem pewnej przemiany materij w samej protoplazmie komórek gruczołowych; przemiana ta, podobnie jak w mięśniach, musi pociągać za sobą produkcyę ciepła; i rzeczywiście Ludwig wy-

kazał na śliniankach, że podczas drażnienia struny bębenkowej temperatura gruczołu może się podnieść o 1 do $1\frac{1}{2}^{\circ}$ po nad temperaturę krwi tętniczej. Podobnie wielokrotnie stwierdzono, że krew żylna wątroby ma stale wyższą temperaturę, niż w innych żyłach: podług Heidenhaina temperatura krwi żyłnej wątroby u psa wynosi średnio 40.70° C, podczas gdy temperatura żyły próżnej dolnej w tym samym przypadku wynosi 38.35° , a najwyżej dochodzi do 39.58° , temperatura zaś krwi w sercu tylko 37.7° . Do podobnych wyników jeszcze wcześniej doszedł Kl. Bernard, który w doświadczeniach swoich porównywał temperaturę żyły wątrobowej, z temperaturą krwi żyły wrotnej i aorty i przyszedł do przekonania, że wyższa ciepłota krwi żyły wątrobowej może mieć swoje źródło tylko w samej wątrobie.

Oprócz mięśni i gruczołów źródłem ciepła mogą być niewątpliwie także masy nerwowe a w szczególności mózg i rdzeń, jednakże pod tym względem istnieją przypuszczenia więcej teoretyczne, niż poparte jakimikolwiek doświadczeniami. Doświadczenia, któremi starano się wykazać, że podczas pracy mózgu, temperatura jego się zwiększa, wobec dzisiejszych naszych wiadomości o wpływie krążenia i nerwów naczyniowych na temperaturę narządów, nie mogą mieć znaczenia. Autorowie, którzy te doświadczenia wykonywali, niekiedy ograniczali je nawet do badania temperatury skóry na głowie, chcąc w ten sposób wykazać zmiany temperatury mózgu. Być może, że pewnem źródłem ciepła jest także sama krew wskutek procesów chemicznych, które w niej zachodzą, chociażby np. połączenia hemoglobiny z tlenem. Badanie temperatury krwi tętniczej i żyłnej płuc wykazuje, że jakkolwiek rzeczywiście ma tu miejsce niewątpliwe oziębienie się krwi, to jednakże wobec strat ciepła, ponoszonych przez płuca na ogrzanie powietrza i parowanie wody, oziębienie to jest mniejsze, niż być powinno, z czegooby wypadało wnosić, że na pokrycie pewnej części tych strat zużywa się ciepło, które powstaje wskutek połączenia hemoglobiny z tlenem.

Produkcya ciepła w innych tkankach: ścięgnach, kościach, chrząstkach i t. d. jest niewątpliwie bardzo mała, jednakże i tym tkankom zdolności tej odmówić nie można.

W fizjologii krążenia krwi widzieliśmy, że praca serca wynosi około 75,000 kgm., całą tę energię zużywa ustrój głównie na pokonanie tarcia w naczyniach krwionośnych, co również powoduje wywiązywanie się ciepła, tak, iż w rzeczywistości te 75,000 kgm. zamieniają się całkowicie w ciepło i w ten sposób przyczyniają się do ogrzania krwi, przepływającej przez naczynia.

Podobnie więc jak w każdej komórce, a nawet w każdej cząsteczce żyjącej materii naszego ciała istnieje miejscowa wymiana materii istnieje ciągle przyswajanie i ciągły rozkład wielce złożonych substancyj, tak samo, prawdopodobnie, każda z tych cząsteczek bierze udział w produkcji ciepła, chociaż ilościowo niewątpliwie pod tym względem rozmaite części naszego ustroju bardzo znacznie się różnią i chociaż pierwszorzędne znaczenie musimy przypisać tylko mięśniom i gruczołom.

Wszystko to, co powiedzieliśmy wyżej, odnosi się wogóle do ustroju zwierzęcego. Bliższe badania jednakże i porównanie rozmaitych gatunków ze sobą wykazuje, że pod względem ilości produkowanego ciepła zachodzą pomiędzy organizmami zwierzęcymi bardzo znaczne różnice. U jednych zwierząt produkcja ciepła jest tak energiczna, że straty ciepła, przez ustrój ponoszone, nie mogą obniżyć temperatury ustroju do temperatury otoczenia i ustrój stale przedstawia wyższą temperaturę, niż otoczenie. Ustroje takie nazywamy ustrojami o stałej temperaturze. Do tej kategorii należą wszystkie ustroje zwierząt wyższych, tj. ptaków i ssaków. U innych znowu produkcja ciepła nie jest tak energiczną i wskutek tego temperatura takich ustrojów różni się bardzo mało od temperatury otoczenia; lecz w pewnych warunkach można się przekonać, że produkcja ciepła ma miejsce i u tych zwierząt, i że ich niska temperatura zależy tylko od tego, że straty ciepła równoważą jego produkcję. U żab np. w warunkach zwykłych, temperatura ustroju przewyższa zaledwo o 0.04° temperaturę otoczenia, jednakże w okresie miłosnym na wiosnę może przewyższać temperaturę otoczenia o 1° ; u niektórych gatunków ryb temperatura ciała może być nawet o kilka lub kilkanaście stopni wyższą od temperatury otoczenia np. u *Pithyon bivittatus* o 12° .

U owadów produkcja ciepła także jest znaczną, jednakże wskutek małej objętości ciała straty ciepła są również tak znaczne, że temperatura ich prawdopodobnie bardzo mało się różni od temperatury otoczenia. Lecz jeżeli w pewnym miejscu nagromadzimy ich pewną znaczną ilość np. pszczoły w ulu, jeżeli miejsce to sztucznie uchronimy od strat ciepła, to możemy się przekonać, że temperatura, nagromadzonej masy owadów, bardzo szybko się podnosi i może dochodzić nawet do 40° .

W ustrojach, które posiadają stałą temperaturę, spotykamy także znaczne różnice, i tak u człowieka średnia temperatura ustroju wynosi 37.6° C., u ptaków temperatura ciała może dochodzić do 44° (jaskółka), u niektórych zwierząt ssących obniża się do 35.24° (wilk). Na

tych zwierzętach można się właśnie najdokładniej przekonać, że źródłem ciepła ustroju są sprawy życiowe, gdyż z chwilą, kiedy sprawy te ulegają pewnym zmianom lub zupełnie zostają zawieszone, zaraz można stwierdzić opadanie temperatury, która z chwilą śmierci stopniowo dochodzi do temperatury otoczenia. Wprawdzie w ustrojach większych rozmiarów jeszcze i po śmierci przez jakiś czas można stwierdzić produkcję ciepła, nawet pierwiej, nim się rozpoczną procesy gnicia, jednakże przyczyną tej produkcji w tym przypadku są tylko sprawy pośmierne w mięśniach, mianowicie *rigor mortis*, to jest przejście mięśni w stan tężca pośmiertnego.

Regulacja ciepła.

Jakkolwiek u rozmaitych gatunków zwierząt o stałej temperaturze spotykamy ciepłotę niejednostajną, to jednakże w zakresie jednego gatunku, a zwłaszcza u jednego osobnika w warunkach prawidłowych wahania temperatury są wogóle stosunkowo bardzo nieznaczne; u człowieka przeciętnie wahania odbywają się między 36·75 do 37·6°. Temperatura, która się stale na pewnej wysokości w ustroju utrzymuje bez względu na czas i ilość przyjętych pokarmów, nawet wobec zmian warunków otoczenia (w zimie i w lecie) świadczy, że ustrój musi posiadać osobne mechanizmy, których czynnością jest przystosowywać wciąż produkcję ciepła do jego strat; można więc sobie wyobrazić, że w ustroju albo znajduje się mechanizm, który zmniejsza lub zwiększa straty ciepła przy jednakowej jego produkcji, albo przystosowuje produkcję ciepła do niezależnych od ustroju strat odbywających się w drodze fizycznej, albo wreszcie mechanizm podwójny, który reguluje straty i produkcję.

Taki mechanizm, regulujący straty ciepła, ustrój posiada niewątpliwie w skórze, częściowo także w płucach. Widzieliśmy w poprzednim rozdziale, że podczas transpiracji skóry ustrój traci pewną ilość wody, która na jego powierzchni zamienia się w parę; oczywiście, że to przejście w stan pary wydzieliny potnej, jak wogóle wszelkiej cieczy, znajdującej się na powierzchni ustroju, musi unosić z sobą pewną ilość ciepła utajonego, a ponieważ ilość tej cieczy jest dość znaczna, ztąd i straty ciepła za pośrednictwem skóry muszą być dość znaczne i zmieniać się ze zmianą transpiracji. Podobnie działają płuca i u niektórych zwierząt, np. u psów tylko na tej drodze następuje pewna kompensacja, pewne zwiększenie strat w warunkach, w których otoczenie odbiera mało ciepła wskutek promieniowania.

U człowieka głównym narządem, regulującym straty ciepła, jest niewątpliwie skóra. Tu nie tylko ilość ciepła traconego przez skórę może się zwiększać wskutek transpiracji lecz także i wskutek promieniowania. Jeżeli oznaczymy temperaturę skóry zapomocą osobnych płaskich termometrów lub termostosów, to możemy się przekonać, 1) że temperatura skóry nie we wszystkich miejscach jest jednakowa, a 2) że w jednych i tych samych miejscach ulega zmianom mniejszym lub większym, stosownie do mniejszego lub większego przypływu krwi, głównie zaś stosownie do mniejszego lub większego przepełnienia naczyń skóry, a w szczególności naczyń brodawek w warstwie Malpigiiego; wskutek tego każdemu zaczerwienieniu skóry towarzyszy zwykle jej ogrzanie.

Oczywiście, że jeżeli wskutek stosunkowo wysokiej temperatury powietrza otaczającego straty ciepła przez promieniowanie są nieznaczne z powodu małej różnicy między temperaturą skóry i powietrza, to przepełnienie krwią naczyń skóry i jej ogrzanie może tę różnicę zwiększać; wskutek tego nawet mimo słabego promieniowania ilość ciepła traconego drogą parowania w jednostce czasu może się zwiększyć. I rzeczywiście, jeżeli uwzględnimy ilość wody, którą tracimy przez skórę, to musimy przyznać, że transpiracja skóry najwięcej się przyczynia do zwiększenia lub zmniejszenia strat ciepła z powierzchni ciała.

To znaczenie transpiracji szczególnie wybitnie występuje w tych przypadkach, gdzie temperatura otoczenia jest o wiele wyższą od temperatury ustroju. Ustrój zwierzęcia, a zwłaszcza człowieka może przynajmniej przez krótki czas przenosić temperaturę o wiele stopni przewyższającą jego temperaturę własną; znamy przypadki, w których w celu doświadczenia ludzie przez jakiś czas pozostawali w temperaturze, przewyższającej nawet temperaturę wrzenia wody, tak np. Fordyce i Blagden (w r. 1770) pozostawali przez kilka minut w ciepłocie 127° C. W przypadkach tych wiele znaczy nasycenie powietrza parą wodną, jak np. w łaźni. Wysoką temperaturę powietrza nasyconego parą, przenosimy wogóle trudniej, niż powietrze gorące, lecz nie zupełnie nasycone parą; wobec tego stopnia nasycenia, jaki zwykle panuje w parówkach, można znosić temperaturę około 70° w ciągu 10—20 minut. Jeżeli byśmy w tym czasie oznaczyli straty wskutek transpiracji i pocenia się, to one wynosiłyby 300—400 gr. u człowieka średniego wzrostu; wobec tej samej temperatury powietrza suchego w tym samym czasie straty te byłyby znacznie większe, mianowicie mogłyby dojść do 800 gr.

Jeżeli otoczenie posiada temperaturę znacznie niższą niż temperatura ustroju, to ustrój do pewnego stopnia straty ciepła, które wskutek

tej różnicy muszą nastąpić, może zmniejszyć, jednakże to przystosowanie się ustroju przynajmniej u człowieka jest stosunkowo bardzo ograniczone. Ograniczenie strat polega głównie na zmniejszeniu transpiracji i na zwężeniu naczyń skóry, które wskutek podrażnienia nerwów czuciowych przynajmniej w pierwszej chwili zwężają się i w ten sposób zmniejszają przepływ krwi przez skórę. Ta zmiana w krążeniu krwi pociąga za sobą obniżenie temperatury skóry i zmniejszenie różnicy między temperaturą otoczenia a skórą. Jednakże zwężenie naczyń skóry trwa tylko dopóty, dopóki różnica temperatur nie przekroczy pewnej granicy; przy znacznej różnicy ($15-20^{\circ}$) po pewnym czasie wskutek oziębienia się skóry i samych naczyń prawdopodobnie elementa tkanek, mianowicie włókna mięsne ścian naczyń przestają się kurczyć, wpadają w pewien stan porażenia i z wolna pojawia się następnie rozszerzenie naczyń, na które ustrój już nie ma żadnego wpływu. Rozszerzenie to jest stanem biernym, który zostaje spowodowany ciśnieniem krwi wskutek porażenia ścian naczyń, oczywiście, że w tym przypadku straty ustroju muszą się ponownie zwiększać. Jeżeli temperatura otoczenia jest niższą od 0° , to z wolna może nastąpić zmarznięcie z początku naczyń powierzchownych, następnie nawet głębszych. Jednakże w pewnych granicach różnicy pomiędzy temperaturą otoczenia i temperaturą ustroju regulacja pomiędzy stratami, a produkcją ciepła może być zupełnie dokładna.

Spostrzeżenia te wykazują, że utrzymanie temperatury ustroju na pewnej stałej wysokości jest już do pewnego stopnia możliwe wskutek działania mechanizmu regulującego straty ciepła, jednakże od dawna nasuwały się wątpliwości, czy tylko temu mechanizmowi zawdzięcza ustrój swoją temperaturę stałą i czy nie istnieje osobny mechanizm nerwowy, któryby regulował samą produkcję ciepła. Widzieliśmy w fizjologii oddychania, że ilość absorbowanego tlenu i ilość wyprodukowanego CO_2 może się zmieniać, zależnie od temperatury otoczenia i od warunków, w których ustrój się znajduje. Fakt ten pozwala wnosić, że te zmiany w wymianie materii zostają w pewnym związku ze zmianami w produkcji ciepła. I rzeczywiście badania Pflügera wykazały, że ustroje o niestalej temperaturze (zimnokrwiste) zupełnie inaczej się zachowują pod względem pochłaniania O i produkcji CO_2 , niż ustroje o temperaturze stałej; podczas gdy w ustrojach o zmiennej temperaturze do pewnej wysokości (37°) w miarę podnoszenia się temperatury otoczenia, a przez to i temperatury samego ustroju, ilość absorbowanego tlenu i wydzielanego CO_2 ciągle wzrasta, w miarę obniżania się zaś temperatury ciągle się zmniejsza, słowem spotykamy zmiany równoległe do

temperatury otoczenia i od nich wyraźnie zależne, u zwierząt o stałej temperaturze ilość użytego tlenu i wydzielanego CO_2 w miarę podnoszenia się temperatury otoczenia, stale się zmniejsza i gdy temperatura otoczenia dochodzi do pewnej wysokości, wśród której zwierzę jeszcze zupełnie dobrze się czuje, spada do pewnego minimum, w miarę zaś obniżania się temperatury otoczenia odwrotnie cała wymiana gazowa się wzmacnia.

To niejednokowe zachowanie się tych dwóch kategorii organizmów, podsuwa myśl, że w organizmach wyższych musi istnieć osobny mechanizm nerwowy, który kieruje tem przystosowaniem produkcji ciepła do warunków otoczenia. I rzeczywiście sam Pflüger, powtarzając podobne doświadczenia na zwierzętach przed i po przecięciu rdzenia na wysokości rdzenia przedłużonego, stwierdził że zwierzęta zimnokrwiste w obu przypadkach nie okazywały żadnych różnic pod względem wymiany gazowej; zwierzęta ciepłokrwiste po przecięciu rdzenia zachowywały się zaś wprost odwrotnie czyli podobnie, jak zwierzęta (prawidłowe) zimnokrwiste. To niejednokowe zachowanie się zwierząt wyższych do i po przecięciu rdzenia, jeszcze bardziej utwierdza w przekonaniu, że w ustrojach zwierząt ciepłokrwistych musi istnieć osobny mechanizm nerwowy, umiejscowiony w wyższych częściach układu nerwowego środkowego, który w ten sposób wpływa na rozmaite narządy, że zwiększa lub zmniejsza ilość ciepła, którą te narządy produkują.

Ośrodki tego mechanizmu nerwowego prawdopodobnie działają na cały ustrój za pośrednictwem rdzenia pacierzowego i dlatego przecięcie rdzenia musi ich działanie usunąć. W rzeczywistości jednak umiejscowienie tych ośrodków dotychczas nie jest dokładnie wyjaśnione. Wszelako istnienia ich dowodzą następujące fakty, i tak:

Czeczychin stwierdził, że przecięcie rdzenia u królików, tuż pod rdzeniem przedłużonym, pociąga za sobą obniżenie temperatury ustroju, takie same zaś przecięcie rdzenia bezpośrednio pod mostem Warolego wywołuje podniesienie temperatury. Quinque i Naunin stwierdzili na psach, że przecięcie rdzenia w pierwszej chwili zawsze obniża temperaturę, następnie jednak temperatura się podnosi, wskutek rozszerzenia naczyń i zwiększonej przemiany materii w tkankach, przytem temperatura podnosi się tem wyżej, im wyżej został przecięty rdzeń, niekiedy, jak z doświadczenia tych autorów wypada, podniesiona temperatura mogła przewyższać prawidłową o $3-4^{\circ}$. Dr. Ott wykazał że oddzielenie *corp. striatum* od wzgórków wzrokowych zmniejsza lub zupełnie znosi dispoñ ciepłne, tak dalece, że u królików, u których przy tem-

peraturze 44.5° C. oddechy zwykle z 40 wzrastają do 100 na minutę, po uskutecznieniu wspomnianej operacyi waha się liczba ich pomiędzy 16—32. Mechaniczne podrażnienie zapomocą igły, którą ten autor wkładał do mózgu, wywoływało silne wzmaganie się temperatury, gdy igła przechodziła do przedniej części wzgórków wzrokowych. Przytem kalorymetr wykazywał rzeczywiście wzmogoną produkcję ciepła. Przeciwnie White znalazł wzmaganie się temperatury największe, gdy uszkodzono ciała prądkowane, także *septum pellucidum* oraz *crura cerebri ad pontem*. Jednakże we wszystkich tych przypadkach cała sprawa komplikuje się rzeczywistymi zmianami w stanie naczyń, które zdaniem niektórych autorów (Heidenhain) w zupełności wystarczają do wytłomaczenia zwiększonej lub zmniejszonej produkcji ciepła. Lecz przeciw temu zapatrywaniu można znowu przytoczyć fakt szybkiego wzrostu temperatury podczas pewnych chorób gorączkowych, kiedy nie można stanowczo wykazać żadnej podstawy do przypuszczenia, aby straty ciepła były odpowiednio zmniejszone, tem bardziej że nawet znaczne ułatwienie tych strat, wskutek wprowadzenia pilokarpiny lub jaborandi i wywołanie obfitego wydzielania się potu, stosunkowo bardzo mało wpływa na obniżenie temperatury, szczególnie gdy się uwzględni, że Leiden i Fränkel rzeczywiście stwierdzili, podczas gorączki u psów, zwiększenie się absorbcyi tlenu i produkcji CO₂. Że samą tedy gorączkę, przynajmniej w pewnych przypadkach, trzeba uważać za skutek podrażnienia osobnym czynnikiem mechanizmu, zwiększającego produkcję ciepła, można przypuścić na podstawie doświadczeń Colosantiego na morskich świnkach. W doświadczeniach Pflügera widzieliśmy wyżej, że absorbcya O i produkcya CO₂ zmienia się u zwierząt ciepłokrwistych wskutek zmiany tempertury otoczenia. Otóż Colosanti znalazł, że u morskiej świnki podczas gorączki obniżenie temperatury otoczenia tej zmiany nie wywołuje. oczywiście więc musiała zajść w ustroju jakaś zmiana, która czynność regulacyjnego mechanizmu czyni niemożliwą.

Jakkolwiek tedy do dziś dnia nie mamy jeszcze dowodów, któreby usuwały wszelkie wątpliwości co do istnienia osobnych mechanizmów, regulujących produkcję ciepła w ustroju, to jednakże z przytoczonych faktów przynajmniej niektóre wskazują na nie; za tem również, do pewnego stopnia, przemawia także i przebieg zmian temperatury ustroju w ciągu doby. Gdybyśmy u człowieka dokładnie mierzyli temperaturę w pewnych krótkich odstępach czasu, lub jeszcze łatwiej za pomocą osobnego urządzenia, odfotografowywali poziomy, na których się rtęć termometru znajduje przez cały ciąg doby, w takim razie otrzy-

malibyśmy krzywą, któraby nam wskazywała zmiany temperatury wśród zmian, które zachodzą w życiu codziennem. Na tej krzywej znaleźlibyśmy, że temperatura ustroju od 9 godziny rano z małemi bardzo wahaniami ciągle wzrasta i koło 6 po południu dochodzi do maximum, które się utrzymuje do 3 rano, następnie od 3 rano znowu stopniowo wzrasta. Krzywa ta ulega pewnym zmianom, jeżeli w ustroju zachodzą stosunki, które prawidłowy bieg rzeczy uniemożliwiają, jednakże typ pozostaje zawsze ten sam nawet w warunkach, wśród których temperatura ustroju ulega znacznym wahaniom, np. w chorobach infekcyjnych.

Na krzywej tej nadto widzimy zwykle małe wzniesienie, występujące po przyjęciu pokarmów. Wzniesienie to poprzedza prawie zawsze lekkie obniżenie, które występuje bezpośrednio po spożyciu pokarmów. Reichert za pomocą wodnego kalorymetru stwierdził że zmiany temperatury, występujące po wprowadzeniu pokarmów, polegają na podniesieniu produkcji ciepła, której maximum przypada w 4-tej godzinie po jedzeniu; największy przyrost jednakże daje się obserwować w godzinie pierwszej. Z substancji pokarmowych największy efekt wywiera białko, w drugim szeregu idzie tłuszcz, a w końcu węglowodany. Ćwiczenia fizyczne i zmiana temperatury otoczenia wogóle bardzo mało wpływają na tę krzywą, nawet znaczna praca fizyczna, wskutek działania mechanizmu regulującego straty ciepła, podnosi temperaturę ustroju najwyżej o 1°; natomiast gdy praca doprowadza ustrój do zupełnego wyczerpania można stwierdzić nawet obniżenie temperatury. Niektóre substancje, wprowadzone do ustroju mogą zmieniać charakter tej krzywej; do tej kategorii należy np. chinina. Głód nie zmienia charakteru krzywej, lecz obniża wogóle temperaturę ustroju. Mosso wykazał, że u głodnych psów podobnie, jak u ludzi, temperatura w nocy opada, we dnie się podnosi; małe dawki cukru podnoszą ją prawie natychmiast, białko zaś i tłuszcz, podnoszą ją znacznie wolniej; białko z kolei szybciej niż tłuszcz. Jeżeli jednocześnie badamy ciężar ciała, to znajdziemy, że ciężar szybciej się zmniejsza podczas podawania tłuszczu, niż białka.

Wpływy troficzne.

Na zakończenie tego rozdziału wypada w paru słowach nadmienić o tak zwanych wpływach troficznych ustroju. Przyjęcie osobnego mechanizmu, zwiększającego produkcję ciepła, zmusza nas zarazem do przypuszczenia, że ten mechanizm może wpływać na produkcję ciepła w ten sposób, że zmiana w tkankach, mięsnej i gruczołowej sprawy

assymilacji i desassymilacji, słowem, że zmienia odżywianie elementów tkaninowych. Otóż istnienie takich specjalnych wpływów, któreby bez względu na to, czy ustrój posiada większą lub mniejszą temperaturę wpływały na procesy odżywiania, starano się oddawna udowodnić drogą doświadczeń. Rzeczywiście w fizjologii gruczołów śliniankowych widzieliśmy bezpośrednio wpływ nerwów na zmianę wydzieliny gruczołu, mianowicie wpływ nerwu sympatycznego; lecz dla innych tkanek wpływu takiego nie stwierdzono, a przynajmniej dotychczas nie posiadamy doświadczeń, któreby wskazywały na istnienie takiego osobnego mechanizmu, któryby wpływał na sprawę odżywiania elementów tkaninowych bez zmian w naczyniach. Zwykle w każdym doświadczeniu, zapomocą którego starano się udowodnić istnienie wpływów troficznych, występowały także współcześnie zmiany bądź w czuciu badanego narządu np. oka w doświadczeniach Snellena wskutek przecięcia włókien nerwu trójdzielnego, bądź w zmianie krążenia, wskutek przecięcia nerwów naczyniowych. W pierwszym przypadku, gdzie był uszkodzony nerw czuciowy, narząd mógł być oczywiście wystawiony na rozmaite wpływy szkodliwe, np. mechaniczne, a ponieważ ustrój w tym przypadku nie mógł mieć żadnego wyobrażenia o tych wpływach, wskutek uszkodzenia nerwów czuciowych, oczywiście więc nie mógł także się posługiwać środkami, któreby narząd od uszkodzenia zachowały, jak np. zamykanie powiek, gdy się drażni oko.

W drugim przypadku przecięcie nerwów zwężających naczynia pociągało za sobą zwiększenie przepływu krwi przez narząd, już sam ten fakt mógł spowodować zmiany w odżywianiu jego elementów. We wszystkich dotychczasowych doświadczeniach, w których wskazywano przeważnie na zwyrodnienie lub przerost tych lub innych części, zwykle wchodziły w grę dwa wymienione czynniki i wskutek tego nie dozwalały stanowczo orzec, czy rzeczywiście obok tych wpływów istnieje osobny wpływ troficzny, czy też wywołane zmiany zależą tylko od braku czucia i nieprawidłowego stanu naczyń.

W ostatnich jednak czasach powoli zaczęto nagromadzać fakty, które wskazują, że wpływów troficznych być może wypadnie szukać gdzie indziej. Tak J. E. Abelous i Langloi, Brown-Sequard znaleźli, że kompletne zniszczenie obu nadnerczy już po kilku godzinach pociąga za sobą śmierć zwierzęcia i obniżenie temperatury nawet w wylęgarni, gdzie od strat ciepła zwierzę było uchronione. Wodne wyciągi z nadnercza innych zwierząt zmniejszały te ciężkie przypadłości, które po operacji wycięcia występowały, lecz życia uratować nie były w stanie.

Dalsze badania (Cybulski, Szymonowicz) nie tylko stwierdziły dawniejsze spostrzeżenie, lecz nadto wykazały że nadnercze zawiera w swoich komórkach szczególnie w części rdzennej osobną substancję, którą oddaje wprost do naczyń krwionośnych, a która działa bardzo silnie: na ośrodek naczyniowy i naczynia krwionośne, wywołując ich zwężenie a jako skutek b. znaczne podniesienie ciśnienia krwi, na ośrodek nerwów błędnych, wywołując zwolnienie czynności serca, i w końcu na ośrodek oddechowy. Działanie substancyj. wytwarzających się w nadnerczu. na tak ważne mechanizmy ustroju tłumaczy najzupełniej jego doniosłe znaczenie dla całej ekonomii ustroju. Podwiązanie naczyń gruczołów pociąga za sobą zmiany w krwi: zmniejszenie ilości ciałek czerwonych, stałych substancyj.

Hofmeister po wycięciu obu gruczołów tarczycowych zauważył u królików wzdęcie brzucha, zwiększenie śledziony i grasicy, zwiększenie *hypophysis cerebri*, zatrzymanie wzrostu kości, zmianę w jajnikach i nerkach. Również E. Gley u 34 zwierząt pozbawionych gruczołu tarczycowego stwierdził zmiany w odżywianiu skóry i zwiększenie *hypophysis cerebri*. Podobne spostrzeżenie względem gruczołu tarczycowego były przyczynione także przez wielu innych autorów. Baldoni np. na podstawie swoich doświadczeń wnosi, że gruczoł tarczycowy ma wpływ na sprawy wymiany materji w ustroju, kompletne wycięcie tego gruczołu pociąga za sobą zawsze bardzo ciężkie objawy chorobowe i śmierć prawdopodobnie wskutek bardzo znacznego obniżenia spraw utleniania; ilość pochłanianego O, jak również wytwarzanego CO² się zmniejsza. Wyciągi glicerynowe z gruczołu podnoszą wprawdzie wymianę materji ale do normy nie doprowadzają. Z doświadczeń tych można wnosić, że ustrój ma wpływ na czynności odżywcze rozmaitych tkanek bezpośrednio za pomocą osobnych gruczołów, wśród których, jak przytoczone spostrzeżenia świadczą, wybitną rolę odgrywają wszystkie te zagadkowe narządy których roli dotychczas zupełnie nie mogliśmy sobie wytłumaczyć, jak gruczoł tarczycowy, nadnercze, a być może *hypophysis cerebri* i graseca.

ROZDZIAŁ X.

Z M Y S Ł Y.

Uwagi ogólne.

W poprzednich rozdziałach wielokrotnie zwracaliśmy uwagę, że cały szereg czynności, które spotykamy w ustroju, nie występuje wcale samoistnie, lecz przeciwnie zawsze bywa wywołanym przez inne wpływy zewnętrzne względem danego narządu. Wpływy te dochodzą do rozmaitych narządów za pośrednictwem układu nerwowego. Jedną część tego układu stanowi tak zwana powierzchnia czuciowa, przez którą rozumiemy zakończenia wszystkich nerwów czuciowych. Powierzchnia ta zostaje w bezpośrednim związku ze światem zewnętrznym i jest pod ciągłym wpływem rozmaitych czynników, istniejących po za ustrojem w świecie zewnętrznym lub w samym ustroju. Widzieliśmy, że stan czynny, budzący się w tej powierzchni czuciowej, w ustrojach wyższych przenosi się za pomocą włókien nerwowych do centralnych części układu nerwowego i bądź w drodze odruchowej dochodzi do innych narządów, wywołując w nich odpowiednie zmiany, bądź też pozostaje w układzie środkowym, np. w mózgu, wywołując tu szereg osobnych zjawisk, zwanych zjawiskami *psychicznemi*.

Widzieliśmy również, że u najniższych zwierząt cała powierzchnia czuciowa jest jednakowo wrażliwa na rozmaite czynniki zewnętrzne; każda część tej powierzchni jednakowo odczuwa wpływ światła, ciepła, elektryczności lub mechanicznego działania. W miarę, jak podniosimy się po szczeblach królestwa zwierzęcego coraz wyżej, spostrzegamy natomiast pewne wyróżnianie się na tej powierzchni, wydzielanie się osobnych obszarów, które się wyspecjalizowują do odczuwania wpływów tylko pewnej kategorii; tak np. na powierzchni mięczaków i in-

nych niższych ustrojów znajdujemy pewne punkta, które specjalnie są przystosowane do odczuwania wrażeń mechanicznych, np. różki ślimaka; inne znowu posiadają nagromadzenie komórek barwikowych, specjalnie uzdolnionych do odczuwania wrażeń świetlnych, w końcu u zwierząt wyższych spotykamy już całe narządy, w wysokim stopniu skomplikowane, które są misternie przystosowane do odczuwania działania tylko pewnej kategorii bodźców zewnętrznych; narządy te nazywamy narządami zmysłów, a samą zdolność odczuwania pewnych kategorii bodźców — *zmysłami*.

Narządów takich u zwierząt wyższych rozróżniamy pięć: narząd wzrokowy do odbierania wrażeń świetlnych — oko, narząd do odbierania wrażeń dźwiękowych — ucho, narząd do odbierania wrażeń mechanicznych i termicznych — skóra, dwa osobne narządy do odczuwania wpływów, które wywołują rozmaite ciała swojemi własnościami fizycznymi lub chemicznymi — nos i język, narządy zmysłów powonienia i smaku. W końcu wypada jeszcze wspomnieć, że znajdujemy osobne narządy w układzie mięśniowym, które podług wszelkiego prawdopodobieństwa służą do ocenienia stopnia naprężenia mięśni podczas skurczu.

Widzimy więc, że cała powierzchnia czuciowa naszego ciała rozpada się na specjalne grupy, przystosowane do odbierania tylko pewnych wpływów, bądź wywieranych na nasz ustrój, przez otoczenie zewnętrzne, bądź przez inne części naszego ustroju. Na wszystkich tych narządach możemy jednakże stwierdzić, że nie tylko te czynniki, które w warunkach zwykłych wywołują odpowiednie czucia, zdolne są wprawiać w stan czynny mechanizmy tej powierzchni, lecz że przeciwnie i inne bodźce, które w warunkach prawidłowych nigdy na dany narząd nie działają, mogą również nie tylko wywołać czynność obwodowych zakończeń nerwowych tych narządów, lecz także te same czucia, które w warunkach fizjologicznych wywołują tylko pewien określony czynnik; tak np. w zwykłych warunkach bodźcem naturalnym narządu wzrokowego jest światło, jednakże zakończenia nerwowe tego narządu mogą być podrażnione także i w inny sposób, n. p. działaniem mechanicznem lub prądem elektrycznym; wrażenie lub czucie, które w skutek stanu czynnego w tym narządzie powstaje, we wszystkich tych razach będzie to samo, t. j. zawsze przedstawia się w naszej świadomości jako czucie świetlne. Również nie tylko drażnienie ucha falami dźwiękowymi wywołuje czucie dźwięku, lecz ten sam skutek może dać także drażnienie mechaniczne lub elektryczne zakończeń lub samych włókien nerwu słuchowego. Z tego widzimy, o czem już zresztą nad-

mieniliśmy w fizjologii nerwów, że u wyższych zwierząt nie tylko wyspecjalizowują się osobne narządy na powierzchni czuciowej, lecz że najprawdopodobniej i w samym układzie środkowym odpowiednio do każdego z tych narządów obwodowych powstają osobne grupy, *narządy środkowe*, w których stany czynne nerwów przeistaczają się w czucie tylko pewnej kategorii. W jakikolwiek sposób podrażnimy nerw wzrokowy: mechanicznie przez uderzenie lub ucisk, elektrycznie i t. d., zawsze wywołamy tylko czucie światła, chociażbyśmy pozostawali w absolutnej ciemności. To samo się stosuje do wszystkich innych narządów zmysłowych.

a) Zmysł wzroku. Oko.

Oko zależnie od swojej budowy może służyć albo tylko do odróżnienia światła od ciemności, albo także do rozpoznawania kształtu przedmiotów, znajdujących się na zewnątrz oka. Oczy pierwszego rodzaju spotykamy jako tak zwane punkta oczne niższych form zwierzęcych, np. robaków, morskiej gwiazdy, niektórych gatunków wymoczków i t. p. Do tego celu służą także osobne zakończenia nerwowe, dostępne dla wpływów światła i wskutek tego przykryte zwykle z powierzchni tylko przezroczystą osłonką. Zakończenia te posiadają zwykle w otoczeniu jakiś barwik, wskutek którego łatwo je rozpoznać. Jednakże nie zawsze można z pewnością twierdzić, że wszystkie miejsca zaopatrzone w barwik są u niższych ustrojów przeznaczone do odbierania wrażeń świetlnych. Na najniższych zwierzętach mamy dowody, że wrażliwość na wpływ światła może posiadać sama protoplazma, nie zawierająca żadnych śladów barwika.

W oczach drugiej kategorii światło, wychodzące z jakiegoś punktu świecącego, musi być zlokalizowane na pewnym ściśle określonym miejscu powierzchni oka, wrażliwej na wpływ światła, tak, iż w tym przypadku każde zakończenie nerwowe może odbierać światło, przebiegające tylko w jednym kierunku, wskutek tego każde włókno nerwowe odpowiada pewnej części tak zwanego pola wzrokowego. Za pomocą tego rodzaju oczu ustrój może oznaczać, w którym z pól wzrokowych znajduje się obraz punktu świecącego. Im mniejsze jest każde z tych pól, w których obrazy punktów świecących mogą się znajdować i mogą być odróżniane, im większa jest ilość samych pól, tem oczywiście mniejsze części otaczających przedmiotów mogą być widziane i rozpoznawane. Warunkiem niezbędnym dla jasnego widzenia za pomocą takiego oka jest urządzenie, ażeby promienie światła, wychodzące z jednego punktu

świecącego, zostawały zebrane także tylko w jednym punkcie czuciowej powierzchni oka.

Takie urządzenie w oczach uskutecznia się w dwojaki sposób: albo w ten, że oko posiada lejkowate zagłębienia, otoczone nieprzezroczystymi ścianami, na dnie zaś wgłębień są zakończenia nerwowe, jak to widzimy w oczach złożonych członkonogów i pajęczaków, albo w ten sposób, że oko jest zwykłą ciemnią optyczną, w której dzięki łamiącemu powierzchniom krzywym powstaje rzeczywisty obraz punktu świecącego na powierzchni czuciowej; takie oko znajdujemy u wszystkich zwierząt kręgowych.

Anatomia oka.

Oko człowieka ma kształt prawie kulisty i składa się z dwóch odcinków: z przedniego małego, o mniejszym promieniu i ścianach przezroczystych, i z tylnego większego, o znacznie większym promieniu nieprzezroczystego. Kula ta jest osadzona w oczodole za pomocą miękkiej podściółki z tkanki tłuszczowej i w ten sposób umocowana za pomocą błon, mięśni i ścięgien, że może wykonywać ruchy około jednego punktu, podobnie jak kość w stawie panewkowym.

Powieki. Od przodu oko przykrywają dwa fałdy skóry, górny i dolny, które dzięki mięśniom w nich zawartym mogą oko w zupełności zakryć od zewnątrz: fałdy te zowią się *powiekami*. Wskutek układu powiek, otwór pomiędzy niemi ma kształt podłużnej, poziomej szpary, którą możemy zwęzać lub rozszerzać i w ten sposób zmniejszać lub zwiększać dostęp światła do oka a nawet zupełnie go powstrzymać.

Zewnętrzna powierzchnia tych fałdów niczem się nie różni od skóry innych okolic ciała, wewnętrzna zaś jest właściwie błoną śluzową (nie posiada więc warstwy zrogowaciałego nabłonka) i przechodzi z fałdów na samo oko, tworząc tak zwaną *spojówkę*.

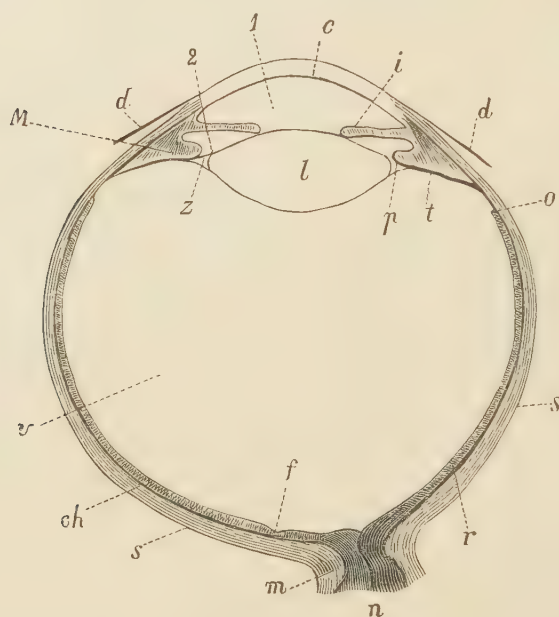
Brzegi powiek zwrócone do siebie nie są ostre. lecz przedstawiają dłuszczyznę, pokrytą błoną śluzową, której przednia krawędź (*limbus anterior*) posiada rzęsy, zaś tylna (*l. posterior*) ujścia gruczołów Meiboma, znajdujących się w samej powiece. Nadto znajdujemy w górnej i dolnej powiece osobne zgrubienie tkanki łącznej, prawie chrząstkowe, które nadaje powiece pewną sztywność i zowie się *tarczą*.

Sama spojówka, jakkolwiek budową swoją jest zbliżona do skóry, podobnie jak skóra składa się z tkanki łącznej, posiadającej mniej lub więcej wybitne brodawki, i jest pokryta wielowarstwowym nabłonkiem,

jednakże różni się tem od niej, że wśród włókien tkanki łącznej znajdujemy znaczną ilość ciałek limfatycznych, które nadają jej charakter więcej tkanki adenoidalnej, niż tkanki łącznej zbitej.

Przechodząc na powierzchnię oka, spojówka traci powoli włókna tkanki łącznej, tak, że w okolicy przezroczystej części oka, które to miejsce nosi nazwę *rabka spojówki*, włókna łączne zupełnie znikają. Po-

Rycina 142.



Przekrój południkowy gałki ocznej. *C* rogówka; *S* twardówka; *d* spojówka; *ch* naczyniówka; *r* siatkówka; *t* i *M* mięsień rzęskowy; *O* Ora serrata; *f* fovea centralis; *l* soczewka; *p* kanał Petita; *z* zonula Zinni; *v* ciało szklane; *i* tęczęwka; 1) przednia komórka; 2) tylna komórka.

cząwszy od tego miejsca na przezroczystą część oka przechodzi tylko warstwa nablönka.

Gałka oczna wyjęta z oczodołu przedstawia, jak zauważyliśmy wyżej, kulę, a właściwie pęcherz, złożony z kilku warstw (rycina 142). Warstwa zewnętrzna składa się z 2 części, z przedniej przezroczystej rogówki *c* i tylnej nieprzezroczystej twardówki *S*. Drugą warstwę stanowi t. zw. *jagodówka*, która składa się z 3 części: z przedniej posia-

dającej, w środku otwór — *tęczówki*, i tylnej — *naczyniówki ch*, i z przejścia pierwszej w drugą — ciała rzęskowego *t.M.* Trzecia warstwa składa się również z 2 części, z przedniej — *soczewki* z jej torebką i osobną błonką, która przylega do ciała rzęskowego, i tylnej, leżącej po za ciałkiem rzęskowym — *siatkówki r*, błony złożonej z zakończeń nerwu wzrokowego.

Twardówka (sclerotica) składa się z tkanki łącznej zbitej, zawierającej włókienka zwykłe i sprężyste. Zewnętrzne włókienka przeważnie przebiegają w kierunku południków, podczas gdy wewnętrzne więcej w kierunku równika. Wśród tych włókien znajdują się także dość liczne komórki, zawierające barwik. U niektórych zwierząt tworzą one nawet osobny pokład komórek barwikowych, który nosi nazwę *lamina fusca scleroticae*. Grubość twardówki nie jest jednostajna, najcieńszą jest ona w miejscu, gdzie wchodzi nerw wzrokowy i przedstawia tu właściwie błonę dziurkowatą (*membrana cribrosa*), na około tego miejsca znajduje się zgrubienie dość znaczne w formie pierścienia. Drugie podobne zgrubienie znajduje się w miejscu przejścia twardówki w rogówkę. Również znajdujemy zgrubienie w tych miejscach, gdzie się przyczepiają ścięgna mięśni, przyczem ścięgna mięśni prostych przechodzą w włókna południkowe, mięśni zaś skośnych w równikowe. W przedniej części twardówki, w miejscu, gdzie się poczyną przejście w rogówkę, istnieje kanał kolisty, który można dokładnie widzieć na każdym południkowym przekroju rogówki, jestto t. z. kanał Schlemma, czyli *sinus venosus iridis*. Wewnętrzna ściana tego kanału jest siatkowata i do niej w tem miejscu jest przymocowany przedni zewnętrzny brzeg ciała rzęskowego.

Rogówka. Rogówka ma kształt silnie wygiętego szkiełka zegarkowego, przednia jej powierzchnia przypomina odcinek elipsoidy, której koniec dłuższej osi opiera się o środek rogówki. Kształt tylnej powierzchni nie jest dokładnie znany, wiadomo tylko, że u dorosłych rogówka w środku jest nieco cieńsza niż na brzegach.

Rogówka składa się z następujących 5 warstw, idąc od zewnątrz: 1) warstwa nabłonka płaskiego; 2) błona Reicherta; 3) rogówka właściwa (*cornea propria*); 4) *membrana Descemeti*; 5) warstwa śródbłonkowa.

Warstwa nabłonkowa składa się z kilku warstw komórek, z których wewnętrzna tem się charakteryzuje, że każda komórka posiada osobną podstawę, odgraniczającą ją od błony Reicherta. Jestto tak zwany przez autorów niemieckich *Fussblutt*, które to podstawy łącząc się z sobą, tworzą jakby osobną błonkę podstawową (*membrana basilaris*). Komórki

drugiej, trzeciej i wyższych warstw stają się bryłowate, a następnie przybierają coraz więcej charakter komórek płaskich.

Błone Reicherta stanowi cienka, bezpostaciowa błonka, występująca jednakże nie u wszystkich zwierząt, która barwi się karminem na czerwono.

Rogówka właściwa składa się z włókien tkanki łącznej, złożonych warstwami i przebiegających w różnych kierunkach. Pomiedzy włóknami znajdujemy komórki dwójakiego rodzaju, jedne stałe, płaskie lub z wypustkami, czyli zwykłe komórki tkanki łącznej, drugie ruchome, przypominające wogóle ciała białe. Prócz tego można wykazać cały szereg kanałów, łączących się z sobą i przebiegających w rozmaitych kierunkach przez całą grubość rogówki właściwej. Kanały te można wykazać za pomocą azotanu srebrowego lub złotowego, albo też zapomocą kwasu nadosmowego, jeżeli przedtem była rogówka nasiąknięta oliwą, rozpuszczoną w wysoku i eterze. Istnienie tych kanałów tłumaczy nam sposób odżywiania się rogówki, gdyż w całej rogówce właściwej nie spotykamy zupełnie naczyń krwionośnych. Barwienie złotem wykazuje nadto całą masę nerwów, które tworzą tu spłoty i przebijając nawet błonę Reicherta, wchodzą także pomiędzy warstwy komórek nabłonkowych, gdzie się kończą w postaci cieniutkich włókien nerwowych. Nerwy pochodzą od nerwów rzęskowych, które na brzegu twardówki tworzą spłot, zwany *plexus annularis*.

Błona Descemeta ma na przekroju charakter błonki bezpostaciowej, jednak na brzegu rogówki można dokładnie widzieć, że się składa z włókienek, które tworzą tu tak zwane *ligamentum pectinatum*. Włókienka te, jak również i sama błona Descemeta rozpuszczają się w trypsynie,

Komórki śródbłonna, stanowiące warstwę piątą, występują na całej wewnętrznej powierzchni rogówki w postaci komórek brukowych lub prawie płaskich; komórki te posiadają przeźroczystą protoplazmę, barwiącą się rozmaitymi barwikami, stosunkowo duże kuliste jądra; przez *ligamentum pectinatum iridis* przechodzą one bezpośrednio na przednią powierzchnię tęczęwki.

Naczyniówka albo *jagodówka* (*tunica vasculosa s. tractus uvealis*) składa się z 3 części, z *chorioidea*, *corpus ciliare* i *iris*.

Naczyniówka właściwa (*chorioidea*) w tylnej części przedstawia błonę o gładkiej powierzchni wewnętrznej; błona ta w przedniej części oka nieco się podnosi i tworzy brzeg ząbkowany (*ora serrata*), od którego zaczynają się fałdy drobne, które ku przodowi schodząc się razem po

3—4 tworzą fałdy większe. Okolice, w której się rozpoczynają drobne fałdy nazywa się *orbiculus ciliaris*, miejsce, w którym drobne fałdy przechodzą w grubsze, nazywa się *corona ciliaris*; od tego miejsca rozpoczyna się właściwe ciało rzęskowe (*corpus ciliare*).

Naczyniówka właściwa składa się z kilku warstw: a) *błona nadnaczyniówkowa* (*lamina suprachoroidea*), która w tylnej części obok nerwu wzrokowego jest przymocowana do twardówki; począwszy od tego miejsca, przyczepienie jej jest luźne, jednakże podczas oddzielania od twardówki zwykle pozostaje na tej ostatniej pewna część komórek barwikowych, należących do tej warstwy. Komórki te wraz z błoną, na której są ułożone, stanowią tak zwaną *blaszkę śniadą* (*lamina fusca*). Warstwa ta składa się z kilku (do 5) blaszek z tkanki łącznej, pomiędzy którymi znajdujemy rozmaitego kształtu komórki, zawierające dość dużo barwika; b) *naczyniówka właściwa* składa się przeważnie z naczyń grubszych, średnich i włosowatych. Naczynia pochodzą głównie z tętniczek rzęskowych tylnych krótkich (*arteriae ciliares posticae breves*), żyły zaś, łącząc się z żyłami przedniej części oka, tworzą *venae vorticosae*. W warstwie tej znajdujemy także znaczną ilość komórek barwikowych, które są rozmieszczone pomiędzy naczyniami. Wewnętrzna część tej warstwy złożona z włókien elastycznych i naczyń włosowatych, przedstawia jakby osobną błonę, znaną pod nazwą *m. choriocapillaris*. Siatka naczyń włosowatych *membranae choriocapillaris* dochodzi aż do ciała rzęskowego, włókna elastyczne, wychodzące z tej warstwy ku wewnątrz, stanowią osobną błonę zwaną *membrana Bruchii*. Na niej znajduje się warstwa bardzo ładnych sześciobocznych komórek barwikowych. Prócz włókien tkanki łącznej i naczyń znajdujemy w naczyniówce także nerwy i mięśnie gładkie, przebiegające w kierunku południków i dochodzące aż do mięśnia rzęskowego. U niektórych zwierząt na wewnątrz od *choriocapillaris* błona z tkanki łącznej odbija światło i w takim razie zowie się *tapetum fibrosum*; niekiedy składa się ona także z osobnych komórek barwikowych i w takim razie zowie się *tapetum cellulosum*; u ryb istnieje tu błona odbijająca światło, podobna do srebrnej tkaniny, wskutek czego nosi nazwę *membrana argentea*, która może przechodzić także na tęczęwkę.

Ciało rzęskowe składa się z dwóch części: wyrostków rzęskowych *processus ciliaris* i *mięśnia rzęskowego*.

Wyrostki rzęskowe są to fałdy naczyniówki i wskutek tego posiadają wszystkie jej cechy. Fałdy te mają przebieg południkowy, są skierowane ku soczewce, jednakże do niej nie dochodzą i nigdzie jej nie

dotykają. Na powierzchni tych fałdów znajduje się nabłonek barwikowy, pod którym brak zupełnie m. choriocapillaris.

Mięsień rzęskowy ma kształt trójkątny na przekroju południkowym oka. Przyczepia się on przednim zewnętrznym brzegiem do wewnętrznej ściany kanału Schlemma; między mięśniem a wypustkami błony Descemet'a w tem miejscu powstaje osobna przestrzeń, zwana *przestrzenią Fontana*. Włókna mięśnia rzęskowego mają trojaki przebieg; obwodowe przebiegają przeważnie w kierunku południka i dla tego ta część mięśnia wyraźnie odróżnia się od innych i nosi nazwę mięśnia Brückego. Bowmana albo *naprzęacza naczyniówki* (*tensor choroideae*); wewnętrzne włókna mają przebieg bardziej równikowy, tworzą jakby pierścień i noszą nazwę mięśnia Müllera, *ściskacza soczewki* (*compressor lentis*); nadto w tylnej części znajdujemy jeszcze szereg włókien o przebiegu siateczkowatym, które noszą nazwę mięśnia Jerofiewa.

Tęczówka (*iris*) odgrywa w oku rolę diafragmy przyrządów optycznych, składa się z tkanki łącznej sprężystej i zwykłej, oraz z małej ilości mięśni gładkich, głównie zaś z naczyń krwionośnych. Przednią powierzchnią tęczówki przykrywa nabłonek płaski, jednowarstwowy tylną zaś co najmniej dwuwarstwowy nabłonek barwikowy który, zostaje w bezpośrednim związku z nabłonkiem barwikowym naczyniówki. Powierzchnia tylna tego nabłonka przylega do przedniej powierzchni soczewki. Naczynia tęczówki pochodzą z tętniczek rzęskowych tylnych długich i tętniczek rzęskowych przednich (*arteriae ciliares posticae longae* i *art. ciliares anticae*), które tworzą dwa zamknięte w sobie koła *circulus arteriosus maior* na brzegu zewnętrznym i *circulus arteriosus minor* na brzegu wewnętrznym.

Co do przebiegu mięśni gładkich, to prędzej na podstawie funkcji tęczówki, niż na podstawie budowy histologicznej wypadaloby przyjąć dwojakiego rodzaju mięśnie: 1) warstwę komórek mięsnych, ułożonych pierścieniowato w części wewnętrznej tęczówki, t. j. tak zwany *constrictor pupillae*, zostający w związku z *nervus oculomotorius* i 2) warstwę komórek mięsnych, ułożonych promienisto w części zewnętrznej tęczówki, t. j. tak zwany *dilatator pupillae*, zależny od nerwu sympatycznego.

Siatkówka (rycina 142). Tkanę podstawową siatkówki, która jest błoną przeważnie z nerwów i komórek nerwowych złożoną, stanowi tkanka łączna. Najłatwiej zrozumiemy budowę siatkówki, jeżeli sobie wyobrazimy ową tkankę łączną, ułożoną w postaci 2 błon, jednej na powierzchni wewnętrznej siatkówki, drugiej w środku siatkówki, bliżej

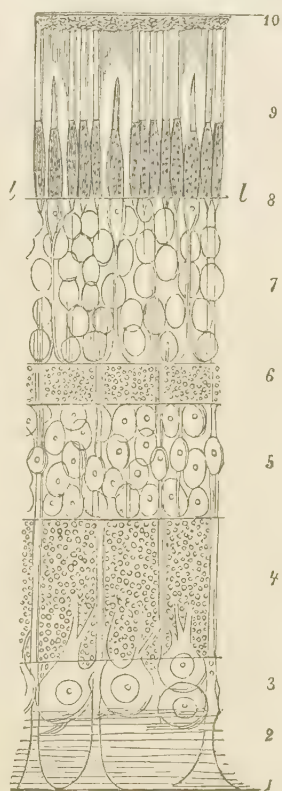
do jej powierzchni zewnętrznej, i jeżeli następnie wyobrazimy sobie, że obie te błony zostają z sobą połączone za pomocą słupków z tkanki łącznej, podobnie jak np. kolumny łączą sufit z podłogą. Wewnętrzna z tych błon nosi nazwę *membrana limitans interna* i stanowi wewnętrzną warstwę siatkówki. Pomiędzy te dwie błony na słupkach tkanki łącznej zostają ułożone rozmaite elementy nerwowe i przymocowane do nich za pomocą osobnych włókienek, które odchodzą bądź wprost od górnej lub dolnej błony, bądź też od kolumn łączących je ze sobą.

Elementy nerwowe ułożone są tu warstwami, licząc od wewnątrz są one następujące: 1) *membrana limitans interna*, 2) warstwa włókien nerwowych, 3) warstwa komórek zwojowych, 4) gruba warstwa siateczkowata wewnętrzna, złożona z cienkich włókien nerwowych (*stratum neurospongiosum moleculare internum*), 5) warstwa komórek jądrzastych (*stratum spongioblasticum*), 6) warstwa siateczkowata zewnętrzna (*stratum moleculare externum s. rete subepiteliale*), 7) komórki nabłonka nerwowego czyli warstwa jądrzasta zewnętrzna 8) błona z tkanki łącznej zewnętrzna (*membrana limitans externa*) i w końcu 9) warstwa pręcików i czopków.

Ze wszystkich warstw siatkówki elementem wrażliwym na działania światła jest tylko warstwa pręcików i czopków i dla tego ona szczególnie zasługuje na bliższe zbadanie (patrz rycinę; *ll* oznacza miejsce, w którym przebiega *membrana limitans externa*). Pręciki i czopki znajdują się więc na zewnątrz od *membrana limitans externa* między nią a naczyńiówką, są one ustawione w kształcie palisady jeden obok drugiego i tworzą przy wejściu z powierzchni zupełnie prawidłową jakby mozaikową płaszczyznę.

Każdy z tych elementów tak pręcik, jak czopek, składa się z dwóch części: wewnętrznej i zewnętrznej. W czopkach część wewnętrzna jest znacznie grubsza, zewnętrzna zaś cieńsza niż w pręcikach.

Rycina 142.



Warstwy siatkówki.

Wyliczone wyżej warstwy siatkówki znajdujemy na całej powierzchni tej błony, z wyjątkiem dwóch miejsc, mianowicie okolicy, gdzie wchodzi nerw wzrokowy, która nosi nazwę *brodawki wzrokowej*,

okolicy położonej nieco na zewnątrz od wejścia nerwu wzrokowego, która nosi nazwę *plamki żółtej* (*macula lutea*). Brodawka nerwu wzrokowego z elementów siatkówki posiada tylko włókna nerwowe, natomiast plamka żółta, a w szczególności jej środek, t. z. *fovea centralis maculae luteae*, zawiera prawie wyłącznie tylko pręciki i czopki, obie błony z tkanki łącznej *membrana limitans ext. i int.* oraz małą ilość komórek zewnętrznej warstwy jądrzastej. U człowieka w tem miejscu znajdują się same tylko czopki, jednak są one nieco cieńsze, niż w innych miejscach, natomiast dłuższe; średnica ich wynosi 0.003 mm.; długość zaś od 0.06 — 0.1 mm. tak, że wogóle zbliżają się do pręcików, których grubość wynosi około 0.002 mm., długość 0.08 mm.

Obwodowy koniec pręcików lub czopków składa się z przezroczystej, podwójnie załamującej światło, istoty, przedstawiającej do pewnego stopnia własności istoty rdzennej nerwów; na świeżych preparatach można w nich odróżnić lekką podłużną włóknistość, zaś na preparatach stwardnionych bardzo łatwo można wywołać poprzeczne prążkowanie albo nawet rozpadanie się na poprzeczne krążki. Max Schulze znalazł u morskich świnek takich poprzecznych płytek około 16, z których każda miała grubość 0.00087 mm. W obwodowej części pręcików znajdujemy osobny barwik — *czerwień wzrokową*, który pod wpływem światła ulega rozkładowi i odbarwia się.

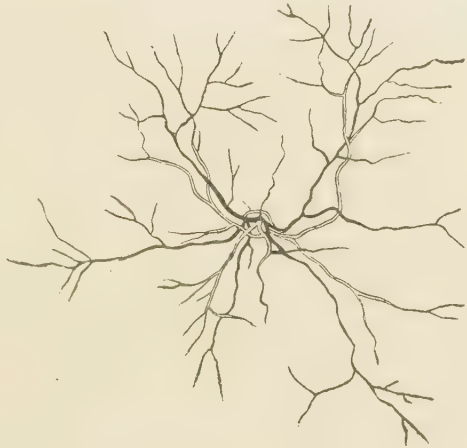
Wewnętrzna część pręcików i stożków na świeżych preparatach występuje jako biała, ziarnista substancja, przedstawiająca podłużne prążkowanie; pod wpływem rozmaitych odczynników występują w nich osobne ciała, które, być może, są sztucznymi produktami, a które u ptaków, płazów i gadów są niewątpliwie kuleczkami tłuszczu, zabarwionemi na żółto lub czerwono. Tak pręciki jako też i stożki zostają w bezpośrednim związku z komórkami jądrzastymi, leżącemi pod *membrana limitans externa*, od zewnątrz zaś zostają w zetknięciu z warstwą komórek barwиковych, które, jak wspomnieliśmy wyżej, należą do naczyńówki.

Komórki barwиковe mają bardzo prawidłowy kształt sześciennych pryzm o średnicy 0.012 — 0.018 mm., zawierają podługowate czarne ziarenka barwika, przeglądające jakby igiełkowate kryształki. Te ziarenka barwika otaczają także zewnętrzną część pręcików i stożków i mogą niekiedy układać się nawet na ich powierzchni, jednak mogą być napowrót zabrane przez komórki barwиковe, co się zwykle dzieje pod

wpływem światła. Według obserwacji Bohla, w plamce żółtej każdy stożek ma swoją komórkę barwikową, podczas gdy na brzegach siatkówki może być i do 15 pręcików w zetknięciu z jedną komórką. Wejście nerwu wzrokowego zawiera pęczki włókien nerwowych, które przechodzą w siatkówkę, przebijając naczyniówkę i twardówkę.

W środku nerwu wzrokowego przebiegają *arteria* i *vena centrales*; oba te naczynia rozgałęziają się drzewkowate we wszystkich kierunkach (rycina 143); z początku leżą one pod *membrana limitans interna* w warstwie włókien nerwowych, następnie jednakże przechodzą do głębszych warstw i tworzą tu szerokie pętle naczyń włosowatych; w plamce żółtej, jednakże nie znajdujemy większych naczyń, a w zagłębieniu jej w warstwie pręcików i stożków nawet naczyń włosowatych.

Rycina 143.



Rozgałęzienia arteriae et venae centralis.

Soczewka (lens crystallinea) jest ciałem przezroczystym, mającem kształt wypukłej soczewki z brzegami zaokrąglonymi. Przednia i tylna powierzchnia soczewki są w przybliżeniu odcinkami kulii, jednakże pierwsza jest więcej zbliżona do krzywizny eliptycznej, druga do krzywizny parabolicznej. Stosunek promieni tych krzywizn, je-

żeli je będziemy uważali za odcinki sferyczne, wynosi 3 : 2. Wyjęta z oka soczewka przedstawia się jako ciało śluzowate, miękkie i tylko w bardzo małym stopniu sprężyste; gdy ją przecinamy nożem, możemy zauważyć, że środkowe warstwy soczewki są bardziej twarde i przedstawiają większy opór, niż części obwodowe. Środkowa część najbardziej twarda, nosi nazwę jądra soczewki. Soczewka w świeżym stanie jest zupełnie przezroczystą i bezbarwną. Składa się ona z dwóch części, z torebki i z zawartej w tej torebce właściwej soczewki.

Torebkę stanowi sprężysta, zbita lecz cienka osłonka o gładkich powierzchniach, którą po przecięciu można ze świeżej soczewki zdjąć i której brzegi mają tę własność, że po nacięciu zachylają się na zewnątrz. W błonie tej nie odróżniamy żadnych morfologicznych elemen-

ów i dla tego do dziś dnia uważamy ją za bezpostaciową. Grubość jej nie jest wszędzie jednakową, na przedniej powierzchni soczewki jest ona prawie 2 razy grubsza, niż na tylnej, zaś na tylnej powierzchni jest najcieńszą w środku.

Sama soczewka składa się z dwóch elementów, a mianowicie włókien i komórek. Komórki o charakterze komórek nabłonkowych w postaci cylindrycznych tworów, zajmują całą przednią powierzchnię soczewki i są ustawione jedna obok drugiej na przedniej powierzchni torebki; są to prawie prawidłowe sześcioboczne i wyjątkowo tylko 4 lub 5 boczne twory, posiadające dość duże, łatwo barwiące się jądra. Komórki te są najniższe w środku soczewki i stają się w miarę posuwania się ku brzegom coraz grubsze, gdzie stopniowo przechodzą we włókna. W obwodowej części soczewki, t. j. w okolicy równika, włókna w ten sposób się zachylają, że wypukłą stroną są skierowane ku środkowi soczewki, w miarę jednak, jak się odsuwają od brzegów, wypukłość ta staje się coraz mniejsza, a w pewnej odległości nawet kierunek ich zmienia się w ten sposób, że łuki włókien, przebiegających od tyłu ku przodowi są stroną wklęsłą zwrócone ku osi soczewki. Skutkiem takiego przebiegu włókna soczewki przybierają stopniowo przebieg współśrodkowy i w ten sposób uwarunkowują powstanie jądra soczewki. Jeżeli soczewka po zdjęciu torebki pozostawała przynajmniej przez dobę w 1% roztworze kwasu siarkowego, to w niej wybitnie występuje włóknistość, mającą przebieg południkowy. Własności optyczne soczewki rozpatrzmy niżej.

Ciałko szklane (corpus vitreum) wypełnia całą przestrzeń pomiędzy siatkówką a soczewką. Przednia jego powierzchnia posiada jamkę, która odpowiada swoją wklęsłością tylnej wypukłej powierzchni soczewki i zowie się *jossa patellaris s. lenticularis*. Ciałko szklane przedstawia nam przezroczystą bezbarwną substancję, mającą charakter nieco śluzowaty. Całą tę śluzowatą masę otacza osobna błonka szklista, przezroczysta, która występuje wybitnie, jeżeli się oko poddaje maceracyi. Jeżeli ciało szklane potniemy nożycami i umieścimy na sączku, to ono stopniowo się przesącza, tak, iż na sączku pozostaje tylko cienka błonka, mająca pod mikroskopem wejrzenie włókniste. Błonka ta jest dosyć wytrzymałą tak, iż podług Virchowa może wynosić obciążenie nawet 18. gr. Pod względem chemicznym ciało szkliste zawiera 98.6% wody, 0.136% białka, nadto nieznaczną ilość soli (NaCl , KCl , K_2SO_4 , $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$); u człowieka znajdujemy jeszcze ślady mucyny. Fakt, że ciało szklane pokrajane może się sączyć, dowodzi, że składa się ono z dwóch istot,

mianowicie z części płynnej i stałej, lecz w jakim stosunku te dwie części pozostają względem siebie w oku nieuszkodzonem. do dzisiejszego dnia wyjaśnić nie zdołano. Mikroskopowe badania ciała szklanego w stanie świeżym nie dają nam żadnego wyobrażenia o jego budowie, albowiem spotykamy pod mikroskopem tylko pojedyncze komórki, zanurzone w jednostajnej, przezroczystej, szklistej cieczy. Zupełnie inaczej rzecz się przedstawia, jeżeli ciało szklane przedtem stwardnimy i następnie sporządzamy skrawki; na tych skrawkach już dawno wykazano pewną warstwową budowę, szczególnie bliżej powierzchni ciała. Zdaniem Iwanowa, ten współśrodkowy warstwowy układ powstaje wskutek tego, że między śluzowatymi warstwami ciała szklanego są przestrzenie włosowate, zawierające ciecz surowiczą; te przestrzenie można wykazać, nalewając na powierzchnię ciała szklanego roztworu karminu, który podług Stielinga wywołuje współśrodkowo ułożone kręgi. Skutkiem tych i innych prób, dokonanych na ciałku szklanem, można przyjąć obecnie, że przynajmniej obwodowe części jego składają się z substancji śluzowatej, ułożonej warstwami, pomiędzy którymi znajdujemy włoskowate przestrzenie, zawierające ciecz surowiczą. Całe ciało szklane, jak zauważyliśmy wyżej, otacza na powierzchni osobna przezroczysta i sprężysta, bezpostaciowa błonka, która się nazywa *powłoką ciała szklanego* (*membrana hyaloidea*). Błonka ta u człowieka, ssawców i ptaków nie zawiera naczyń i nie posiada żadnej budowy widocznej, prócz okolicy *ora serrata*, gdzie na niej występuje włóknistość; w tem miejscu także błonka ta staje się nieco grubsza i stopniowo przechodzi w t. z. obwódkę Zinniusza (*zonula Zinnii*), która przechodząc ku soczewce przyczepia się do przedniej i tylnej powierzchni soczewki, tu więc w okolicy soczewki powłoka ciała szklanego, zdaniem niektórych histologów dzieli się właściwie na 2 blaszki, z których tylna, przechodząc na tylną powierzchnię soczewki, przechodzi także na *fossa patellaris* i stanowi tylną ścianę t. z. kanału Petita; który powstaje pomiędzy temi blaszkami, a soczewką, przednia zaś w postaci *zonulae ciliaris* przechodzi na przednią powierzchnię torebki soczewki. Zonula Zinni wszelako jest ściśle złączona z *corpus ciliare* i wskutek istniejącego w oku ciśnienia utrzymuje stale w napięciu soczewkę, t. j. dąży do rozciągnięcia jej w kierunku równika.

Prócz składników morfologicznych oko posiada jeszcze ciecz, które wypełniają pewne przestrzenie. Ciecz taka wypełnia np. przestrzeń pomiędzy rogówką a tęczęwką, oraz pomiędzy tęczęwką a soczewką i nosi nazwę *cieczy wodnej*; jamę t. j. przestrzeń od rogówki do tęczęwki na-

zywamy przednią komorą, zaś przestrzeń od tęczówki do soczewki, a właściwie między tęczówką a *zonula ciliaris* — tylnią komorą oka.

Fizjologia oka.

Właściwą fizjologię oka możemy podzielić na 3 działy: 1) na naukę o przebiegu promieni świetlnych w oku, czyli dioptrykę oka; 2) na naukę o pobudzaniu nerwu wzrokowego w oku, czyli naukę o wrażeniach świetlnych i 3) na naukę o spostrzeganiu wrażeń świetlnych, czyli o wyobrażeniach wzrokowych.

a) Dioptryka oka.

Chcąc zdać sobie sprawę z przebiegu promieni światła w oku, które, jak widzieliśmy wyżej, składa się z rozmaitych części, chociaż przezroczystych, jednakże posiadających rozmaitą konsystencję i budowę, a wskutek tego niewątpliwie i rozmaitą zdolność załamывania światła, musimy się przedewszystkiem zastanowić nad własnościami fizycznymi oka.

Rozpatrując oko ze stanowiska fizycznego, możemy je uważać za ciemnię optyczną, w której, począwszy od rogówki, spotykamy cały szereg środowisk, ograniczonych powierzchniami sferycznymi; tak np. zewnętrzne środowisko, t. j. powietrze, graniczy z rogówką zapomocą powierzchni sferycznej, tylna powierzchnia rogówki tworzy sferyczną powierzchnię na granicy z cieczą wodną, ciecz wodna z soczewką, soczewka z ciałkiem szklanem, a to ostatnie z siatkówką.

Wzory określające przebieg promieni światła w układzie optycznym złożonym.

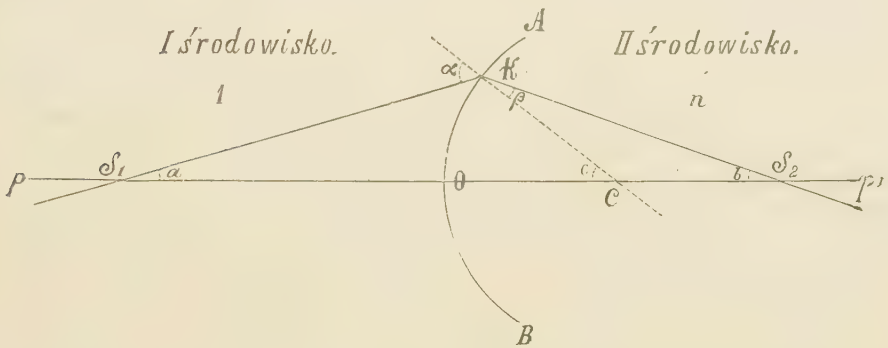
Ażeby zrozumieć, w jaki sposób promienie światła mogą przebiegać w tych warunkach, musimy rozpatrzyć, jak się zachowują promienie światła, przechodząc z jednego środowiska do drugiego, w razie gdy środowiska te są odgraniczone od siebie jedną powierzchnią sferyczną. Weźmy przekrój takiej powierzchni AB (rycina 143).

Przypuśćmy, że przez punkt O tej powierzchni przebiega jakiś promień światła, pp_1 , drugi zaś promień S_1 pada również na tę powierzchnię w punkcie K , tworząc z promieniem pp_1 kąt α ; oczywiście, że punkt S_1 , w którym przecinają się dwa promienie, możemy uważać jako punkt świecący. Weźmy dalej, że współczynnik załamania dla pierwszego środowiska $= 1$, dla drugiego $= n$.

Chcąc znaleźć dalszy przebieg promienia S_1 , musimy oznaczyć kąt padania jego na powierzchnię AB ; w tym celu musimy oznaczyć środek powierzchni krzywej C ; kąt padania promienia światła S_1 znajdziemy, łącząc K z C i przedłużając tę linię na zewnątrz; nazwijmy ten kąt α .

Z fizyki wiadomo, że stosunek *sin.* kąta padania do *sin.* kąta załamania jest odwrotnie proporcjonalny do współczynników załamania dwóch graniczących z sobą środowisk, czyli $\sin \alpha : \sin \beta = n : 1$, z czego możemy obliczyć kąt β i w ten sposób określić kierunek załamanego promienia. Przypuśćmy, że nim jest promień światła KS_2 .

Rycina 144.



Biorąc kąt α bardzo małym, t. j. rozbieżność promieni pp_1 i S_1K bardzo nieznaczną, znajdziemy, że kąt α i β będą również stosunkowo bardzo małymi, a w takim razie zamiast $\sin \alpha : \sin \beta$, możemy wziąć wprost $\alpha : \beta$, czyli otrzymamy:

$\alpha : \beta = n$, zkađ $\alpha = n\beta$ I

Z trójkątów, utworzonych przebiegiem powyższych linii, możemy następnie znaleźć punkt, w którym promień załamany spotyka promień pp_1 .

Przypuśćmy, że punkt ten leży w S_2 .

$$\operatorname{tg} a = \frac{OK}{OS_1}, \operatorname{tg} c = \frac{OK}{OC}, \operatorname{tg} b = \frac{OK}{OS_2}$$

biorąc jak w poprzednim przypadku zamiast tng odpowiednie łuki, znaj-

$$\text{dujemy : luk } a = \frac{OK}{OS_1}, \text{ luk } c = \frac{OK}{OC}, \text{ luk } b = \frac{OK}{OS_1} II$$

Dalej uwzględniając, że kąt $\alpha = a + c$, kąt $\beta = c - b$, podstawiając α i β w równaniu I, znajdujemy, że: $c(n-1) = a + nb$.

Zamieniając: a , b i c przez ich znaczenie z równania II, mamy:

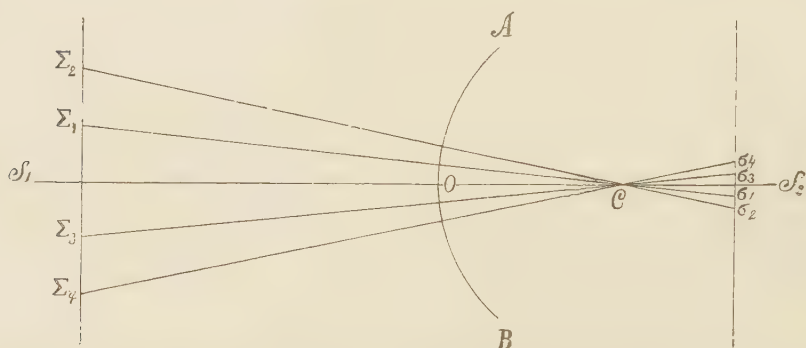
$$\frac{OK}{OC} (n-1) = \frac{OK}{OS_1} + n \frac{OK}{OS_2}$$

Dzieląc zaś to równanie przez OK otrzymamy: $\frac{n-1}{r} = \frac{1}{OS_1} + \frac{n}{OS_2}$, III
gdzie r (OC) jest promieniem krzywizny AB. Z tego równania może-

my już obliczyć łatwo oddalenie punktu S_2 ; $OS_2 = \frac{n}{n-1} \frac{1}{\frac{1}{r} - \frac{1}{OS_1}}$

z czego widzimy, że oddalenie punktu S_2 od krzywej powierzchni zależy tylko od promienia krzywizny, od współczynnika załamania drugiego środowiska i od odległości punktu S_1 . Oczywiście, że jeżeli z punktu S_1 wychodzi nie jeden, lecz cały szereg promieni, to z przytoczonego pod III równania, wypada, że wszystkie te promienie muszą się zebrać w jednym punkcie, gdyż odległość tego punktu uwarunkowują te same czynniki. Snop więc promieni, wychodzący z jednego punktu w I śro-

Rycina 145.



dowisku musi dać w środowisku drugim snop promieni, schodzących się także w jednym punkcie. Te dwa punkty (S_1 , S_2) nazywamy punktami skojarzonymi. Posiadają one tę własność, że gdy punkt świecący znajduje się w punkcie S_1 , to obraz jego powstaje w drugim środowisku w punkcie S_2 i na odwrót.

Twierdzenie powyższe możemy udowodnić nietylko dla promieni rozbieżnych, lecz także i dla zbieżnych, różnica byłaby tylko w tem, że w ostatnim przypadku punkt S_1 musiałby leżeć po stronie prawej, zaś punkt S_2 po stronie lewej i tak punkt świetlny, jakoteż jego obraz byłby urojone. Ponieważ punkt S_1 wzięliśmy dowolnie, jak również i punkt

O , więc wszystko to, co się tyczy punktu S_1 może być tak samo uodwodnione względem punktu $\Sigma_1 \Sigma_2 \Sigma_3$ i t. d. (rycina 145). Dla wszystkich tych punktów można również znaleźć z równania II odpowiednie punkty po stronie prawej.

Jeżelibyśmy więc po stronie lewej mieli płaszczyznę $\Sigma_2 - \Sigma_4$ lub część sfery świecącej, oddaloną od powierzchni krzywej o OS_1 , to po stronie prawej znaleźlibyśmy obraz, t. j. płaszczyznę lub część odcinka sfery $\sigma_2 - \sigma_4$. Obraz ten byłby zupełnie podobny geometrycznie, lecz odwrotnie położony przy tem tak, że linie łączące każdy punkt tego obrazu z odpowiednim punktem przedmiotu przecinałyby się w jednym punkcie C . Nazwijmy odległość OS_1 przez f_1 , OS_2 przez f_2 i przytem jeżeli OS_1 mierzymy na lewo od płaszczyzny sferycznej, uważajmy OS_1 jako wielkość dodatnią czyli $+f_1$ na prawo za $-f_1$, f_2' zaś odwrotnie: na prawo jako $+f_2$, na lewo $-f_2$, w takim razie równanie III możemy napisać tak: $\frac{1}{f_1} + \frac{n}{f_2} = \frac{n-1}{r}$ IV

Na podstawie ryciny 145 możemy znaleźć także wielkość obrazu, w stosunku do wielkości przedmiotu, mianowicie jeżeli wielkość przedmiotu jest $\Sigma_2 \Sigma_4$, to na podstawie podobieństwa trójkątów $\Sigma_2 \Sigma_4 C$ do $\Delta \sigma_2 C \sigma_4$ wielkość obrazu

$$\sigma_2 \sigma_4 : \Sigma_1 \Sigma_2 = S_2 C : (S_1 O + OC) = (f_2 - r) : (f_1 + r). \quad V$$

Wszystkie te równania są prawdziwe nie tylko dla odległości OS_1 , lecz dla wszelkich innych, a więc także gdy f_1 lub $f_2 = \infty$. Biorąc w równaniu IV, że $f_1 = \infty$, otrzymamy $\frac{n}{f_2} = \frac{n-1}{r}$, a ztąd $f_2 = \frac{nr}{n-1}$; VIa

w drugim zaś wypadku, gdy $f_2 = \infty$ otrzymamy: $\frac{1}{f_1} = \frac{n-1}{r}$ ztąd $f_1 = \frac{r}{n-1}$; VIb; odległości te nazywamy *głównymi ogniskowymi odległościami*

i będziemy je oznaczać stałe przez F_1 i F_2 . Dzieliąc równanie VIa przez VIb, otrzymamy: $\frac{F_2}{F_1} = n$ VIc

Wprowadzenie pojęcia głównych ogniskowych odległości pozwala nam wyeliminować z powyższych równań współczynnik załamywania n ; a mianowicie, podstawiając w równaniu IV wartość n z VIc znajdziemy, że: $\frac{1}{f_1} + \frac{F_2'}{F_1 f_2} = \frac{1}{F_1}$; mnożąc zaś obie części równania

przez F_1 , otrzymamy: $\frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} = 1$ VII

Za pomocą tego równania, znając ogniskowe odległości dla danej krzywizny łamiącej i odległość przedmiotu, możemy w każdym danym przypadku znaleźć odległość obrazu.

Równania VIa i VIb pozwalają nam określić warunki, wśród których odległości ogniskowe są dodatnie lub ujemne. Z równań tych widzimy, że F_1 i F_2 będą dodatnie, jeżeli n jest > 1 i r jest dodatnie lub $n < 1$, a r ujemne, to jest jeżeli załamująca krzywizna jest wychylona stroną wypukłą w kierunku środowiska, posiadającego mniejszy współczynnik załamania, we wszystkich zaś innych przypadkach F_1 i F_2 będą ujemne. W pierwszym przypadku taka łamiąca krzywizna zowie się *skupiającą*, w drugim *rozpraszającą*.

Z równań tych możemy także oznaczyć warunki, wśród których obraz jest rzeczywistym lub urojonym. Tak oznaczając f_1 i f_2 z równia VII znajdujemy:

$$f_1 = \frac{F_1 f_2}{f_2 - F_2} \text{ czyli } = \frac{F_1}{1 - \frac{F_2}{f_2}}; \text{ zaś } f_2 = \frac{F_2}{1 - \frac{F_1}{f_1}} \quad \text{. . . VIIIa i b}$$

Z równań VIII a i b widzimy, że jeżeli odległość przedmiotu jest nieskończenie wielką, t. j. jeżeli $f_1 = \infty$, to $f_2 = F_2$, czyli że obraz takiego przedmiotu powstaje w drugiej odległości ogniskowej — i odwrotnie, jeżeli $f_2 = \infty$, to jest, jeżeli odległość obrazu jest nieskończenie wielką, to $f_1 = F_1$ co znaczy, że punkt świecący znajduje się w ognisku pierwszym. Następnie widzimy, że jeżeli $f_1 > F_1$, to f_2 jest zawsze dodatnie, gdy F_1 i F_2 są dodatnie, co znaczy, że otrzymamy obraz rzeczywisty; jeżeli $f_1 = F_1$, to $f_2 = \infty$ i w końcu jeżeli $f_1 < F_1$, to f_2 jest ujemne, co oznacza, że obraz punktu świecącego w tym przypadku jest urojony.

Znając warunki, wobec których można mieć obraz rzeczywisty, jeżeli promienie przechodzą przez granicę dwóch środowisk o rozmaitych współczynnikach załamania, w przypadku, gdzie ta granica przedstawia powierzchnię sferyczną, możemy się już zastanowić nad przebiegiem promieni w szeregu środowisk o rozmaitych współczynnikach załamania, zawsze jednakże odgraniczonych od siebie powierzchniami sferycznymi. Ażeby i w tym przypadku otrzymać prawa, ujęte w pewne wzory, musimy przedewszystkiem uczynić kilka ograniczeń; ograniczenia te są: 1) wszystkie środki tych powierzchni kulistych muszą leżeć na jednej linii prostej, którą nazywamy *osią układu* i 2) do

obliczeń naszych będziemy wprowadzali tylko promienie, padające na sferyczną powierzchnię pod bardzo małemi kątami do siebie, jak to uczyniliśmy wyżej dla dwóch środowisk.

Jeżeli mamy punkt świecący w pierwszym środowisku, leżący na osi układu optycznego, to gdyby innych środowisk nie było, obraz jego rzeczywisty lub urojony powstałby, jak widzieliśmy wyżej, także na osi układu; obraz ten mógłby oczywiście zostać punktem świecącym dla drugiego środowiska, i w takim razie dałby nam swój obraz w trzecim środowisku leżący również na osi układu itd.

Oczywiście, że wskutek tego i cały snop promieni, wychodzących z jednego punktu w pierwszym środowisku, na osi układu, musi nam dać także obraz urojony lub rzeczywisty w ostatnim n -tem środowisku, który będzie leżał także na osi układu. Tak samo też szereg punktów świecących, lub cała płaszczyzna, w pierwszym środowisku da nam jako obraz w n -tem środowisku szereg punktów lub całą płaszczyznę.

Wniosek ten stosuje się do wszelkiej przestrzeni, więc punkt świecący w pierwszym środowisku, może być także w takiej odległości od pierwszej krzywizny sferycznej, że jego obraz w n -tem środowisku będzie leżał w odległości nieskończenie wielkiej. Odległość tego punktu w pierwszym środowisku nazywamy pierwszą główną ogniskową odległością układu i będziemy oznaczali ją przez F_1 . Podobnie mając szereg promieni równoległych, to jest wychodzących z punktu świecącego, leżącego w odległości nieskończenie wielkiej, znajdziemy je w n -tem środowisku, jako promienie, zbieżające do jednego punktu; odległość tego punktu będziemy nazywali *drugą główną ogniskową odległością* i oznaczali przez F_2 . Wszystkie te wywody możemy także rozszerzyć na linie i płaszczyzny świecące.

Łatwo zrozumieć także, że jeżeli pierwszy obraz (w drugim środowisku) jest podobny do przedmiotu, zaś drugi obraz do pierwszego obrazu, to i drugi obraz jest podobny do przedmiotu. Tak samo rzecz się ma w środowisku III, IV i n -tem, czyli że obraz ostatni w n -tem środowisku musi być podobny do przedmiotu w I środowisku. Odległość przedmiotu od pierwszej krzywizny będzie i tu grała rolę i zależnie od niej, oraz od własności samych środowisk i ich współczynników załamania, od promieni krzywizn i t. d. obrazy będą rzeczywiste lub urojone.

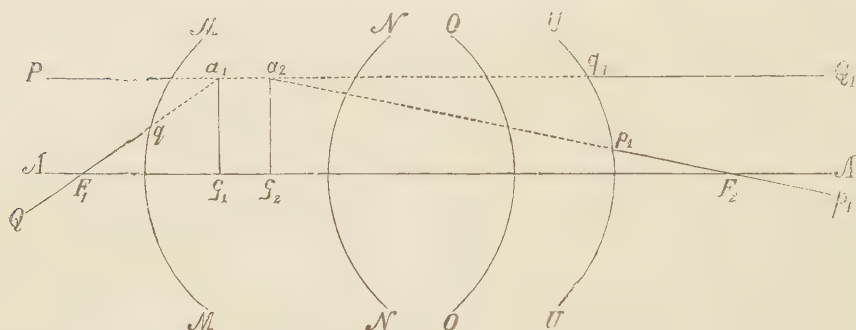
Z określeń, które podaliśmy wyżej, wynika, że główne ogniskowe odległości takiego układu o n środowiskach będą posiadały te same

własności, które poznaliśmy dla 2 środowisk, mianowicie, że gdy punkt świecący w pierwszym znajduje się w odległości ogniskowej, to da snop promieni równoległych w ostatnim środowisku, i odwrotnie, promienie równoległe w pierwszym środowisku muszą się zebrać w ogniskowej odległości ostatniego środowiska.

Przypuśćmy zatem, że posiadamy układ środowisk odgraniczonych kulistemi płaszczyznami, które w przekroju będą nam się przedstawiały jako MM , NN , OO , UU , możemy przyjąć także, że między temi płaszczyznami krzywymi istnieje jeszcze cały szereg innych mających środki krzywizny także na osi optycznej.

Niech linia AA , będzie osią tego układu, F_1 i F_2 główne ogniskowe punkta. Mamy promień P , równoległy do osi układu w pierwszym środowisku, który na mocy zasadniczych własności załamывania pro-

Rycina 146.

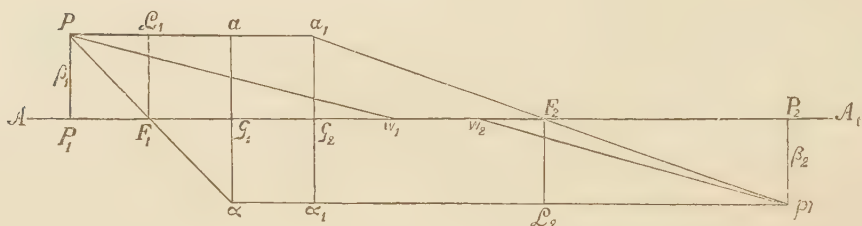


mieni po przejściu przez n środowisk i załamaniu się w n powierzchniach kulistych pozostanie w tej samej płaszczyźnie. Jak wiemy z poprzedzających uwag promień ten, jako równoległy do osi układu, po załamaniu się w całym szeregu środowisk, musi mieć w ostatnim środowisku kierunek ku drugiemu głównemu punktowi ogniskowemu, t. j. musi przejść przez punkt F_2 ; przypuśćmy, że nim jest promień $p_1 F_2$. Ponieważ zaś promień ów wzięliśmy dowolnie, możemy więc dla niego wybrać taki kierunek, ażeby $p_1 F_2$ przedłużony aż do spotkania się z promieniem Pq_1 przeciął się z nim w punkcie a_2 . Możemy także w ostatnim środowisku znaleźć promień taki, którego kierunek byłby przedłużeniem promienia P , mianowicie promień $Q_1 q_1$, który jako równoległy do osi układu w ostatnim środowisku musiałby przejść

w pierwszym przez punkt F'_1 . Promień ten, jako pozostający w tej samej płaszczyźnie, przecina się z promieniem P . Przypuśćmy w punkcie a_1 . Widzimy zatem, że promienie P i Qq w pierwszym środowisku odpowiadająby promieniom p_1 F'_2 i Q_1 q_1 w ostatnim środowisku, przy czem oba te promienie z pierwszego środowiska schodziłyby się w punkcie a_1 , z ostatniego zaś w punkcie a_2 . Z tego można wnosić, że gdyby w punkcie a_1 zbierały się nie dwa, lecz cały szereg promieni, przebiegających w pierwszym środowisku, t. j. że gdyby punkt a_1 był punktem świecącym dla promieni przebiegających w pierwszym środowisku, to wszystkie te promienie po załamaniu się w naszym układzie musiałyby mieć w ostatnim środowisku taki kierunek, jak gdyby wychodziły z punktu a_2 , czyli że punkt a_2 , byłby obrazem punktu a_1 , a zatem punkty a_1 i a_2 byłyby punktami *sprzężonymi*. Oczywiście, że nie tylko te dwa punkty miałyby tę własność, lecz także wszystkie punkty świeące, leżące na dwóch pionowych płaszczyznach, na których leżą punkt a_1 a_2 , przecinając oś optyczną pod kątem prostym, a ponieważ w ten sposób każdy punkt, leżąc na jednej płaszczyźnie byłby sprzężonym z odpowiednim punktem na drugiej więc także i obie płaszczyzny byłyby sprzężonymi. Zatem gdyby punkt świeący jednej płaszczyzny leżał na osi systemu w punkcie G_1 to obraz tego punktu byłby położony w punkcie G_2 . Dla jednej łamiącej krzywizny udowodniliśmy wyżej, że płaszczyzny sprzężone są do siebie podobne, lecz ułożone odwrotnie, tak iż linie łączące odpowiednie punkta, przecinają się z sobą w jednym wspólnym punkcie, leżącym na osi. Z założenia naszego wypadu, że linie a_1 a_2 i G_1 G_2 mogą się z sobą przecinać, jako równoległe, tylko w odległości nieskończenie wielkiej; podobnie i wszystkie linie, które łączą punkty świeące płaszczyzny G_1 a_1 z ich obrazami, na płaszczyźnie G_2 a_2 będą się przecinały z sobą w tym samym punkcie, t. j. w nieskończoności, czyli będą do siebie równoległe. Stąd wypada, że jeżeli punkty, od których będą skierowane promienie biegnące w pierwszym środowisku będą leżały w płaszczyźnie a_1 G_1 to punkty, w kierunku których przebiegały promienie w ostatnim środowisku, muszą leżeć na płaszczyźnie G_2 a_2 , oraz że w tym przypadku płaskie obrazy będą miały tę samą wielkość, co przedmioty i będą leżały po tej samej stronie osi optycznej. W ten sposób przychodzimy do wniosku, że każdy układ łamiących kulistych powierzchni posiada jedną parę sprzężonych płaszczyzn, stojących pod kątem prostym do osi układu, które posiadają tę charakterystyczną własność, że jeżeli przedmiot leży w jednej płaszczyźnie, to jego obraz leży w drugiej, przytem przedmiot i obraz są sobie równe co do wiel-

kości i mają to samo położenie względem osi. Tę parę płaszczyzn nazywamy płaszczyznami *głównymi*: $G_1 a_1$ *pierwszą główną płaszczyzną*, $G_2 a_2$ — *drugą główną płaszczyzną*. Punkty, w których te główne płaszczyzny przecinają się z osią układu, nazywamy G_1 *punktem głównym pierwszym* i G_2 *drugim*. We wszystkich naszych dalszych oznaczeniach będziemy położenie świecącego punktu lub płaszczyzny w pierwszym środowisku oznaczali odległością od pierwszego głównego punktu lub od pierwszej głównej płaszczyzny, położenie na lewo uważali za dodatnie $+$, na prawo za ujemne. — Również położenie obrazu w ostatnim środowisku będziemy oznaczali odległością od drugiego głównego punktu lub płaszczyzny i uważali je za dodatnie, jeżeli leży na prawo, a za ujemne, jeżeli leży na lewo od tejże płaszczyzny. Odległości te oznaczać będziemy przez f_1 i f_2 .

Rycina 147.



Mając główne płaszczyzny danego układu możemy także i główne ogniskowe odległości wyrazić przez odległość od tych płaszczyzn, mianowicie dla pierwszego głównego punktu ogniskowego jego odległość od pierwszej, dla drugiego — odległość od drugiej płaszczyzny głównej. Pierwszą główną ogniskową odległość na lewo od pierwszego głównego punktu będziemy uważać za dodatnią, na prawo za ujemną; drugą główną ogniskową odległość — od drugiego głównego punktu lub płaszczyzny na prawo za dodatnią, na lewo za ujemną.

Wyobraźmy sobie teraz, że posiadamy cały układ łamiących powierzchni (rycina 147), którego osią jest linia AA_1 , głównymi punktami G_1 i G_2 i głównymi odległościami ogniskowymi F_1 F_2 . Przypuśćmy, że mamy punkt świecący P w pierwszym środowisku i że mamy znaleźć jego obraz w ostatnim środowisku. Dla wynalezienia położenia tego obrazu, możemy z masy promieni, wychodzących z pun-

ktu P , wybrać dwa takie, z których jeden, np. Pa , przebiega równolegle do osi, drugi zaś, PF'_1 , przechodzi przez pierwsze główne ognisko. Oba te promienie, doszedłszy do pierwszej głównej płaszczyzny, przetną się z nią w punktach a i z . Ponieważ główne płaszczyzny mają tę zasadniczą własność, że każdy punkt na jednej ma odpowiedni sobie obraz na drugiej, równy co do wielkości, po tej samej stronie i w tej samej odległości od osi, więc obraz punktu a znajdziemy w punkcie a_1 , zaś obraz punktu z w punkcie z_1 . Ponieważ promień PF'_1 przechodzi w pierwszym środowisku przez główne ognisko, więc po załamaniu musi w ostatnim środowisku przebiegać równolegle do osi, czyli będzie miał kierunek zp_1 zaś promień Pa jako równoległy do osi w pierwszym środowisku, po załamaniu się we wszystkich środowiskach będzie przebiegał w ostatnim środowisku przez drugi główny punkt ogniskowy, czyli będzie miał kierunek $a_1 F'_2$. Ponieważ wszystkie promienie wychodzące z P muszą się przeciąć w jednym punkcie po przejściu przez cały układ, dwa zaś z nich przecinają się w punkcie μ , więc oczywiście punkt μ_1 będzie także punktem przecięcia się i wszystkich innych promieni, wychodzących z punktu P . Z ryciny 147 widzimy, że trójkąt $F_1 z G_1 \propto Pa z$, z czego wynika, że $\frac{\alpha G_1}{\alpha a} = \frac{F_1 G_1}{Pa}$; ponieważ trójkąt $G_2 a_1 F_2 \propto$ także

$\Delta a_1 \alpha_1 p_1$, więc $\frac{a_1 G_2}{a_1 \alpha_1} = \frac{F_2 G_2}{a_1 p_1}$. Oznaczając $F_1 G_1$ przez F_1 , Pa przez f_1 ,

a $F_2 G_2$ przez F_2 , i $p_1 \alpha_1$ przez f , otrzymujemy $\frac{\alpha G_1}{\alpha a} = \frac{F_1}{f_1} A$ i $\frac{a_1 G_2}{a_1 \alpha_1} = \frac{F_2}{f_2} B$.

Dodając zaś do siebie te dwa równania: $\frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} = \frac{\alpha G_1}{\alpha a} + \frac{a_1 G_2}{\alpha_1 a_1}$

ponieważ $\alpha a = \alpha_1 a_1$, więc możemy napisać:

$$\frac{F_1}{f_1} + \frac{F_2}{f_2} = \frac{\alpha G_1 + a_1 G_2}{\alpha a} \text{ czyli } = \frac{\alpha a}{\alpha a} = 1 \quad \text{IX}$$

Widzimy więc, że pomiędzy odległością głównych punktów ogniskowych a odległością punktu świecącego i jego obrazu od głównych płaszczyzn danego układu, możemy znaleźć tę samą zależność, jaką mieliśmy w przypadku jednej powierzchni sferycznej.

Z tego zasadniczego równania (IX) możemy wyprowadzić cały szereg innych równań, wyrażających wzajemną zależność punktów sprzężonych danego układu; dla przykładu rozwiązujemy to równanie

$$\text{względem } f_1 = \frac{F_1 f_2}{f_2 - F_2} \quad \dots \quad \text{X}$$

Ponieważ f_1 oznacza odległość punktu świecącego od pierwszej głównej płaszczyzny, a położenia jej w układzie odrazu oznaczyć nie możemy, natomiast daleko łatwiej możemy oznaczyć położenie pierwszego i drugiego głównego punktu ogniskowego, przeto musimy się postarać zastąpić f_1 odległością punktu świecącego od pierwszego głównego ogniska. Odległość tę znajdziemy, jeżeli w równaniu X od obu stron odejmiemy F_1 ; $f_1 - F_1 = \frac{F_1 F_2}{f_2 - F_2}$; a ponieważ wyrażenie $f_1 - F_1$ oznacza odległość punktu świecącego od pierwszego ogniska, $f_2 - F_2$ zaś odległość obrazu od drugiego ogniska, przeto możemy je zastąpić innemi wyrażeniami, mianowicie pierwsze przez D_1 drugie przez D_2 . W ten sposób równanie X przekształci się w równanie $D_1 = \frac{F_1 F_2}{D_2}$, zkąd

$D_1 D_2 = F_1 F_2$ to znaczy, że odległość punktu świecącego od pierwszego głównego punktu ogniskowego wzięta razy odległość obrazu od drugiego punktu ogniskowego, równa się iloczynowi z obu ogniskowych odległości. Z ryciny widzimy także, że gdyby punkt świecący zamiast w P , był na linii β_1 pomiędzy P a p' , to jego obraz znalazłbyśmy na linii β_2 pomiędzy P_2 i p_2 , czyli gdyby linia β_1 była świecącym przedmiotem, to obrazem jej byłaby linia β_2 . Ponieważ $\beta_1 = a_1 G_2$, zaś $\beta_2 = G_1 a$, zaś $\beta_1 + \beta_2 = ax$ lub $a_1 x_1$, więc podstawiając to znaczenie w równania A i B, otrzymamy: $\frac{\beta_2}{\beta_1 + \beta_2} = \frac{F_1}{f_1}$ i $\frac{\beta_1}{\beta_1 + \beta_2} = \frac{F_2}{f_2}$, dzie-

ląc oba równania przez siebie, otrzymamy $\frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{f_2 F_1}{f_1 F_2}$ mnożąc zaś obie strony przez $\frac{F_2 \beta_1}{f_2}$ otrzymamy: $\frac{\beta_2 F_2}{f_2} = \frac{\beta_1 F_1}{f_1}$ XIa

Podstawiając do równania XIa wartość f_1 lub f_2 , znaną w równaniu IX, otrzymujemy: $\frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{F_1}{f_1 - F_1}$ XIb, lub $= \frac{f_2 - F_2}{f_2}$ XIc.

To ostatnie równanie możemy także wyprowadzić wprost z podobieństwa trójkątów $F_1 L_1 P$ i $\alpha G_1 F_1$, $F_2 L_2 p_2$ i $\Delta a_1 G_2 F_2$; rzeczywiście z pierwszej pary trójkątów mamy:

$$\frac{\alpha G_1}{F_1 L_1} = \frac{F_1 G_1}{PL_1} \text{ czyli } \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{F_1}{f_1 - F_1},$$

zaś z drugiej pary mamy:

$$\frac{L_2 F_2}{a_1 G_2} = \frac{L_2 p_2}{G_2 F_2} \text{ czyli } \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{f_2 - F_2}{f_2}.$$

Jeżeli $f_1 - F_1$ oznaczmy przez l_1 , a $f_2 - F_2$ przez l_2 , to otrzymamy: $\frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{F_1}{l_1} = \frac{l_2}{F_2}$. Wielkość więc obrazu ma się tak do wielkości przedmiotu, jak główna ogniskowa odległość układu do odległości przedmiotu od głównego ogniska.

Ponieważ znaczenie dwóch równych ułamków nie zmienia się, jeżeli dodajemy do siebie liczniki i mianowniki, możemy więc z równania XI b i c otrzymać nowe równanie:

$$\frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{F_1 + (f_2 - F_2)}{(f_1 - F_2) + F_2} \quad \text{lub} \quad \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{f_2 - (F_2 - F_1)}{f_1 + (F_2 - F_1)} \quad \text{XI}$$

oznaczając zaś różnicę $F_2 - F_1$ przez w będziemy mieli $\frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{f_2 - w}{f_1 - w}$, co znaczy, że linijna wielkość obrazu (β_2) ma się tak do linijnej wielkości przedmiotu (β_1), jak różnica linijnego wymiaru f_2 i jakiejś stałej liczby w do sumy linijnego wymiaru f_1 i tejże liczby w . Jeżeli następnie w naszym układzie (rycina 147) oznaczmy tę linijną wielkość w tak, aby $G_1 w_1 = G_2 w_2 = w$, to będziemy mieli, że $P_1 w_1 = f_1 + w$, a $P_2 w_2 = f_2 - w$, czyli powyższe równanie przybierze kształt $\frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{P_2 w_2}{P_1 w_1}$.

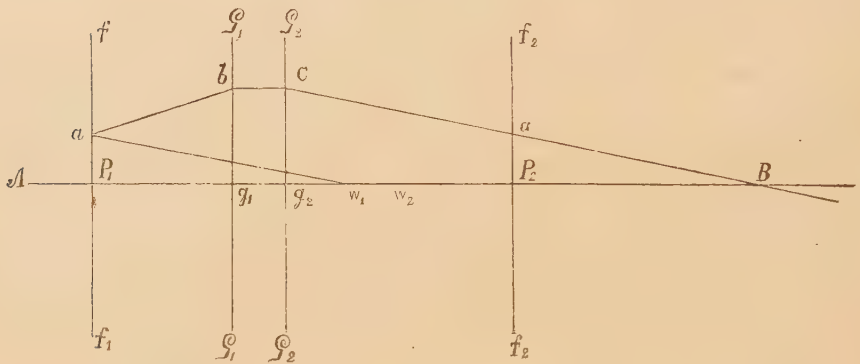
Wskutek takiej konstrukcyi znajdujemy na osi dwa punkty w_1 i w_2 , mające tę własność, że linijny wymiar obrazu ma się tak do linijnego wymiaru przedmiotu, jak odległość obrazu od drugiego z tych punktów do odległości przedmiotu od pierwszego z nich. Takie dwa punkty nazywamy *punktami węzłowymi*; punkt leżący na lewo nazywamy *pierwszym*, na prawo *drugim*.

Ten stosunek obrazu do przedmiotu świadczy, że trójkąty $P_1 w_1 P$ i $P_2 p_1 w_2$ są podobne, czyli kąt $P w_1 P_1 = P_2 w_2 p_1$, z czego wypada, że linia $P w_1$ jest równoległa do $w_2 p_1$, co stanowi nową własność punktów węzłowych, którą możemy określić w ten sposób, że jeżeli w pierwszym środowisku jakiś promień ma kierunek ku pierwszemu z nich, to po załamaniu się w całym układzie przebiega w ostatnim środowisku tak, jak gdyby wyszedł z drugiego punktu węzłowego, czyli, że przebiega w ostatnim środowisku równoległe do swego kierunku w pierwszym środowisku. Z tego określenia także wypada, że jeżeli w pierwszym środowisku mamy cały szereg promieni, zdążających ku pierwszemu punktowi węzłowemu, t. j. jeżeli w_1 jest punktem świecącym w pierwszym środowisku, to jego obraz będzie w drugim punkcie węzłowym; punkty

w_1 i w_2 są zatem punktami sprzężonymi. Z powyższej konstrukcji widzimy także, że odległość w_1 do w_2 = odległości G_1 do G_2 .

Główne ogniskowe punkty i główne, oraz węzłowe punkty nazywamy *punktami kardynalnymi* danego układu; punktami tymi musimy się posługiwać, chcąc oznaczyć przebieg promieni w jakimkolwiek układzie. Przypuśćmy, że linia AB (rycina 148) jest osią układu o n powierzchniach łamiących, P_1 i P_2 głównymi punktami ogniskowymi, g_1 i g_2 głównymi punktami, w_1 i w_2 punktami węzłowymi, f_1f_1 i f_2f_2 głów-

Rycina 148.



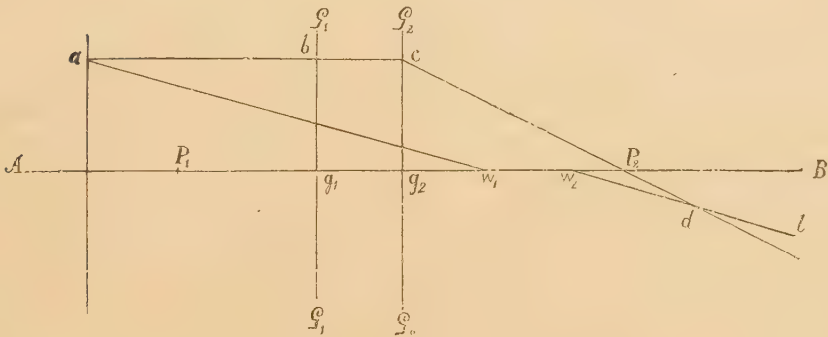
wnymi ogniskowymi płaszczyznami i G_1G_1 i G_2G_2 głównymi płaszczyznami. Przypuśćmy następnie, że kierunek pewnego promienia światła w pierwszym środowisku jest ab i że musimy oznaczyć kierunek tego samego promienia w ostatnim środowisku. Niech będzie punkt a punktem przecięcia się tego promienia z pierwszą główną ogniskową płaszczyzną, zaś b punktem przecięcia się jego z pierwszą główną płaszczyzną. Ponieważ punkt świecący w b na pierwszej głównej płaszczyźnie daje obraz na drugiej w punkcie c , więc kierunek promienia ab po za pierwszą główną płaszczyzną będzie bc . Promień ab przecina I główną ogniskową płaszczyznę w punkcie a ; gdyby punkt a był punktem świecącym, to jako punkt leżący w I głównej ogniskowej płaszczyźnie dałby w ostatnim środowisku, po załamaniu się w całym układzie snop promieni równoległych, których kierunek oznaczałby promień aw_1 jako promień, który po załamaniu się pozostaje równoległym do pierwotnego kierunku, przeto kierunek promienia ab w ostatnim środowisku musi być równoległy do promienia aw_1 i musi zdążać do

punktu c , co zupełnie określa jego położenie; kreśląc więc linię równoległą do promienia aW_1 , od punktu c , znajdziemy kierunek promienia ab w ostatnim środowisku.

Znając kardynalne punkty układu możemy oznaczyć także położenie obrazu danego punktu.

Przypuśćmy, że mamy punkt świecący a . Dla oznaczenia miejsca, w którym powstaje obraz tego punktu wybieramy dwa promienie, z których pierwszy przebiega równoległe do osi układu i dąży do punktu b , gdzie się przecina z pierwszą główną płaszczyzną; promień ten,

Rycina 149.



jak widzieliśmy wyżej, musi przebiegać od punktu b do c , gdzie leży obraz punktu b , a jako równoległy do osi w pierwszym środowisku musi w ostatnim środowisku przebiegać przez P_2 , tak iż jego kierunek w ostatnim środowisku wyznacza linia cP_2 ; drugi zaś promień zdąża do pierwszego punktu węzłowego w_1 ; promień ten, jak wiadomo, w ostatnim środowisku będzie zdążał do drugiego punktu węzłowego w_2 , mając kierunek równoległy do aw_1 będzie więc miał kierunek w_2l . Oba te promienie spotkają się w punkcie d . Ponieważ zaś punkt d , jak widzieliśmy wyżej, musi być punktem przecięcia się wszystkich promieni wychodzących z punktu a i ponieważ odległość tego punktu d , od głównej płaszczyzny jest uwarunkowana odległością punktu a od pierwszej głównej płaszczyzny, przeto punkt d musi być obrazem punktu a . W ten sposób możemy skonstruować dla każdego danego układu nie tylko obraz punktu świecącego, lecz także obraz linii i płaszczyzny świecącej, a przytoczony wyżej szereg równań pozwala nam oznaczyć odległość od drugiej głównej płaszczyzny lub od drugiego głównego ogniska, oraz ich wielkość.

Oko jako przyrząd optyczny.

Anatomiczna i histologiczna budowa oka wykazuje, że narząd ten ma wszystkie cechy zwykłej ciemni optycznej (*camera obscura*). Mamy tu bowiem szczelnie zamkniętą komorę, w której z jednej tylko strony znajduje się otwór, zaopatrzony szeregiem przezroczystych środowisk, ograniczonych krzywymi, łamiącymi, płaszczyznami; część druga tej komory u przeważnej części zwierząt jest od wewnątrz pokryta tak obfitą ilością barwika, że żaden promień światła nie może się dostać do niej inaczej, jak tylko przez jej część przezroczystą. Wskutek takiej budowy promienie światła, wychodzące z jakiegokolwiek punktu, przechodząc przez łamiące środowiska oka, podobnie jak w ciemni optycznej, zostają zebrane w jednym punkcie, gdzie dają obraz punktu świecącego. Jeżeli bierzemy przypadek, w którym przedmiot jest przez nas widziany wyraźnie, to obraz tego przedmiotu powstaje dokładnie na tej części komory ocznej, którą nazwalismy siatkówką, a mianowicie w ostatniej jej warstwie; w warstwie pręcików i czopków. Że na siatkówce, względnie na tylnej powierzchni komory ocznej powstają rzeczywiście obrazy, możemy się przekonać na oczach wyciętych, a szczególnie na oczach królików lub szczurów albinosów.

W tym celu dokładnie odpreparowujemy oko u tylko co zabitego zwierzęcia, usuwamy z tylnej jego strony wszystkie mięśnie oraz tkankę tłuszczową aż do samej twardówki, ustawivszy je następnie przed oknem lub lampą, możemy widzieć bardzo wyraźnie na tylnej powierzchni ramę okna, kontur lampy, a nawet obrazy rzeczywiste innych przedmiotów, które się znajdują przed okiem i są dostatecznie oświetlone. Obrazy te stają się szczególnie jasnymi i wyraźnymi, jeżeli ostrożnie usuniemy także twardówkę z tylnej części oka, a nawet naczyniówkę, i pozostawimy tylko samą siatkówkę. Można także, jak to wykazał Gerling, zupełnie usunąć na pewnej małej przestrzeni tylną ścianę komory ocznej naprzeciw rogówki i do otworku, w ten sposób utworzonego, wstawić cieniutką blaszkę miki lub szkiełko; w takim razie obraz staje się jeszcze bardziej jasnym.

Oczywiście, że jeżeli wycinamy okienka w tylnej ścianie komory, to możemy używać także oczu innych zwierząt, jak np. wołu, konia itp.

Podobny rzeczywisty obraz możemy widzieć także w oku człowieka, szczególnie u osób o oczach jasno-błękitnych, u których zwykle naczyniówka posiada bardzo mało barwika. W tym celu, umieściwszy

badaną osobę w pokoju zupełnie ciemnym, prosimy skrócić oko możliwie na zewnątrz, tak ażeby oś przednio-tylna gałki ocznej dochodziła prawie do wewnętrznego kąta szpary ocznej. Następnie jeszcze bardziej na zewnątrz ustawiamy świecę tak, aby tylko część promieni tej świecy trafiała do źrenicy; w takim razie w okolicy wewnętrznego kąta szpary ocznej otrzymujemy zwykle odwrócony obraz świecy, w którym możemy rozpoznać nie tylko płomień, lecz nawet knot.

Że oko za pomocą swych środowisk łamiących może dać bardzo jasny obraz, możemy się przekonać także za pomocą t. z. wziernika, który opisujemy niżej. Sposób ten pozwala nam dokładnie oświecić dno oka, a następnie wykazać na zewnątrz oka obraz tych części, które na siatkówce zostają oświetlone, jak np. obraz brodawki nerwu wzrokowego i naczyń siatkówki.

Zwracając uwagę na obrazy, które w naszych, własnych oczach powstają, możemy się łatwo przekonać, że obraz tego samego przedmiotu widzimy tem wyraźniejszy, im bliżej osi optycznej oka on się znajduje, a że przeciwnie jest tem mniej wyraźnym, im bardziej w obwodowej części siatkówki powstaje. W gruncie rzeczy miejsce, w którym otrzymujemy zawsze najwyraźniejsze obrazy, leży nieco na zewnątrz od końca osi optycznej oka, a mianowicie przypada w tej części siatkówki, którą nazwaliśmy wyżej żółtą plamką. Jeżeli pomimo tej własności oka widzimy świat cały tylko w obrazach wyraźnych, to fakt ten zawdzięczamy okoliczności, że dzięki aparatowi ruchowemu oka możemy dowolnie ustawiać je w ten sposób, ażeby obraz danego przedmiotu pozostawał zawsze w okolicy żółtej plamy. Obrazy na obwodzie siatkówki pomimo to mają bardzo doniosłe znaczenie, gdyż one to właśnie pozwalają nam przedmioty wyraźnie widziane dokładnie lokalizować względem innych przedmiotów i rozszerzają przez to tak zwane pole widzenia.

Obszar pola widzenia. Obszar pola widzenia jest w oku tak znaczny, jak w żadnym innym przyrządzie optycznym; wprawdzie zależy on od szerokości źrenicy i jej odległości od rogówki, jednakże nawet w najgorszym wypadku wynosi prawie 180° we wszystkich kierunkach, t. j. że nawet promienie, które trafiają na rogówkę pod kątem prostym do osi optycznej, zostają załamane (dzięki łamiącej własności sferycznej powierzchni rogówki) i wprowadzone przez źrenicę do oka, gdzie dają obraz na siatkówce. W rzeczywistości, w oku osadzonem w oczodole, pole widzenia jest nieco mniejsze, gdyż promieniom światła stają na zawadzie niektóre narządy otaczające oko, jak np. nos, brwi i t. d.

Jednakże i w osadzie swojej każde oko ma obszar pola około 150° , a oba razem 180° , jeżeli osie oka są ustawione równolegle.

Łałamowanie promieni światła w oku. Łałamowanie promieni światła w oku prawidłowem jest tego rodzaju, że promienie równoległe, t. j. wychodzące z punktu dalekiego, już w samej rogówce tak się łałamują, że dałyby obraz mniej więcej w odległości 10 mm. po za siatkówką. W oku w ten sposób łałamane promienie, podczas przejścia przez rogówkę, przechodzą jeszcze następnie przez inne krzywizny i środowiska o silniejszych współczynnikach łałamywania i wskutek tego łałamują się jeszcze bardziej, tak iż w zupełnie prawidłowem oku zostają zebrane w rzeczywistości na samej siatkówce. Wszelako najsilniej łałamuje rogówka, następnie przednia i tylna powierzchnia soczewki; jednakże i w samej soczewce, dzięki niejednakowemu współczynnikowi łałamywania w rozmaitych jej warstwach, łałamywanie słabe istnieje i wskutek tego promienie przebiegają przez nią linią łukową.

Współczynniki łałamywania rozmaitych środowisk oka i punkty kardynalne. Gdziekolwiek mamy szereg łałamiących płaszczyzn kulistych, musimy przedewszystkiem wyznaczyć oś optyczną; oczywiście, że to samo musimy uczynić dla oka. Linia taka w oku przechodzi mniej więcej przez środek rogówki i soczewki i przecina siatkówkę pomiędzy plamką żółtą, a nerwem wzrokowym.

Chcąc w oku, podobnie jak w innych optycznych układach, oznaczyć przebieg promieni światła, musimy także wyznaczyć położenie wszystkich kardynalnych punktów; do tego zaś celu potrzeba z możliwą dokładnością obliczyć: a) współczynniki łałamywania wszystkich środowisk, z którymi tu mamy do czynienia; b) promienie krzywizn oddzielających te środowiska i w końcu c) odległość jednej krzywizny od drugiej. Oznaczenia te po raz pierwszy były dokonane przed 40 laty przez Krausego następnie zaś powtórzone przez Helmholtza, Fleischera, Listinga i innych.

Nie możemy tu wchodzić w opisywanie metod i sposobów, którymi się wymienieni autorowie posługiwali, wspomnimy tylko, że metody te były takie same, jakimi się posługują fizycy do oznaczenia współczynników łałamywania różnych środowisk i tylko, stosownie do potrzeby, czyniono w tych metodach odpowiednie modyfikacje.

Podług oznaczeń Krausego współczynniki łałamywania rozmaitych części układu optycznego oka są następujące: dla promieni leżących między D i E , dla których

Współczynnik wody wynosi	1.3342—1.3376
» rogówki	1.3507
» cieczy wodnej	1.3420
» ciała szklanego	1.3485—1.3476
» warstwy zewnętrznej soczewki	1.4053
» » środkowej »	1.4294
» jądra soczewki	1.4541

W oznaczeniach powyższych największą trudność przedstawiała soczewka, widzimy bowiem z przytoczonych liczb, że jej współczynnik załamania wzrasta od obwodu ku środkowi, a ponieważ przejście to nie przedstawia nigdzie wyraźnej granicy i jest rzeczywiście zupełnie stopniowe, przeto podczas oznaczenia współczynników załamania rozmaitych części soczewki nigdy się nie otrzymuje liczb jednakowych. Ponieważ wskutek tego podział na warstwy o rozmaitych współczynnikach załamania jest niemożliwy, więc i dokładne oznaczenie przebiegu promieni w soczewce jest także niemożliwe. Ażeby uniknąć tej trudności w oznaczeniu przebiegu danego promienia, jaką przedstawia soczewka, możemy ją zastąpić w rachunku przez soczewkę jednorodną, mającą taki współczynnik załamania, jaki dla każdego danego stanu posiada soczewka rzeczywista. Jednakże Helmholtz wykazał, że siła załamująca każdej wypukłej soczewki, a więc i soczewki ocznej, jest o wiele większa, jeżeli soczewka składa się z warstw o rozmaitych współczynnikach załamania, i jeżeli współczynniki załamania wzrastają ku środkowi, niż siła soczewki nawet o współczynniku załamania samego jądra. Stąd wynika, że współczynnik załamania soczewki teoretycznej, która ma w obliczeniach zastąpić soczewkę oczną, musi być większy nawet od współczynnika załamania jądra soczewki. Współczynnik ten według obliczeń Listinga wynosi $\frac{16}{11} = 1.4545$ t.j. większy o 0.0004 od współczynnika załamania jądra.

Oznaczenie punktów kardynalnych. Dla oznaczenia punktów kardynalnych musimy jeszcze znać długość promieni każdej krzywizny układu, oraz odległość jednej krzywizny od drugiej. Nie wchodząc w rozmaite specjalne kwestye i szczegóły, które podczas określeń promieni krzywizn łamiących uwzględnić trzeba, zadowolimy się tylko jednym przykładem, mianowicie oznaczeniem promienia pierwszej krzywizny, t. j. rogówki.

Już powierzchowna obserwacja rogówki świadczy, że jej powierzchnie są krzywiznami, o stosunkowo bardzo małym promieniu,

wypukłemi ku przodowi. Ponieważ rogówka jest błoną przezroczystą, posiada powierzchnię gładką, przeto pewna część promieni, które na nią padają, odbija się od jej lustrzanej powierzchni sferycznej i przez to daje obraz przedmiotu, znajdującego się przed rogówką. Oczywiście, że rogówka gra tu rolę wypukłego lustra i wskutek tego pozwala, na podstawie znanych równań z optyki, oznaczyć promień krzywizny, podług wielkości świecącego przedmiotu, wielkości jego obrazu i odległości przedmiotu od rogówki.

W lustrze wypukłym, jak wiadomo, obraz ma się tak do przedmiotu, jak $\frac{r}{2}$ do $l+r$, gdzie l oznacza odległość przedmiotu od lustra. Ponieważ r w naszym przypadku jest bardzo małe, l zaś możemy brać dowolnie duże, przeto r w mianowniku możemy opuścić bez wielkiego błędu, a w takim razie mamy równanie:

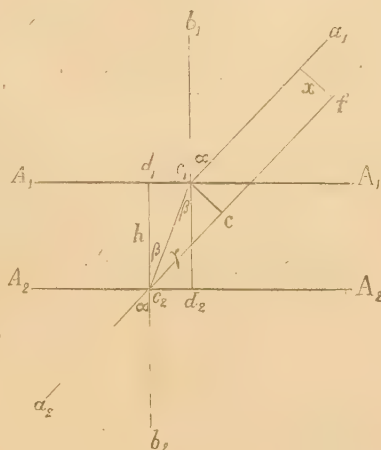
$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{r}{2} : l = \frac{r}{2l}; \text{ z kąd } r = \frac{2l B_2}{B_1}$$

Widzimy zatem, że w celu wyznaczenia promienia krzywizny rogówki musimy prócz odległości i wielkości przedmiotu znać jeszcze wielkość obrazu tego przedmiotu. Oznaczenia tego możemy dokonać za pomocą osobnego przyrządu, podanego przez Helmholtza, który nazywamy oftalmometrem.

Oftalmometr. Zasada oftalmometru jest następująca. Wiadomo, że jeżeli promień b_1 (patrz rycinę 150) pada na grubą szklaną płytę AB pod kątem prostym, to przechodzi przez nią nie zmieniając kierunku, czyli bez łamania się. Jeżeli natomiast ten sam promień pada pod kątem α , mniejszym od prostego, w takim razie po przejściu przez płytę zachowuje wprawdzie kierunek równoległy do pierwotnego, jednakże ulega przesunięciu, którego wielkość zostaje w pewnej zależności od kąta α ; przesunięcie to możemy wyznaczyć w sposób następujący. Przypuśćmy, że promień a_1 pada na płytę AB w punkcie c_1 pod kątem α (utworzonym przez promień a_1c_1 i linię prostopadłą). Ponieważ szkło posiada większy współczynnik załamania niż powietrze, więc promień a_1c_1 po wejściu do szkła zbliży się więcej do prostopadłej, tak iż utworzy z nią kąt β . Jeżeli współczynnik szkła jest znany, to kąt β można obliczyć z wzoru: $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$ z czego $\sin \beta = \frac{\sin \alpha}{n}$. W dalszym przebiegu promień za-

łamany napotyka w punkcie c_2 drugą powierzchnię taflı szklanej, gdzie tworzy z prostopadłą kąt β jako naprzemianległy, równy pierwszemu β . Po wyjściu w punkcie c_2 w powietrze, promień ten znowu się odchyła od prostopadłej, tworząc kąt α , tak, iż w dalszym przebiegu promień ten pozostaje równoległym do pierwotnego kierunku. Jeżelibyśmy wśród tych warunków patrzyli przez płytę na punkt a , spostrzeżelibyśmy go nie w a , lecz na linii a_2f . Odległość zaś tę równą linii cc_2 , możemy znaleźć z trójkąta cc_1c_2 ; mianowicie $c_1c = c_1c_2 \sin \gamma$; następnie nieznana w tem równaniu linię c_1c_2 znajdujemy z trójkąta $d_1c_1c_2$, w którym $c_2d_1 = h$ jest grubością naszej płyty, miano-

Rycina 150.



wicie $c_1c_2 = \frac{h}{\cos \beta}$. Wstawiając znaczenie c_1c_2 do poprzedniego równa-

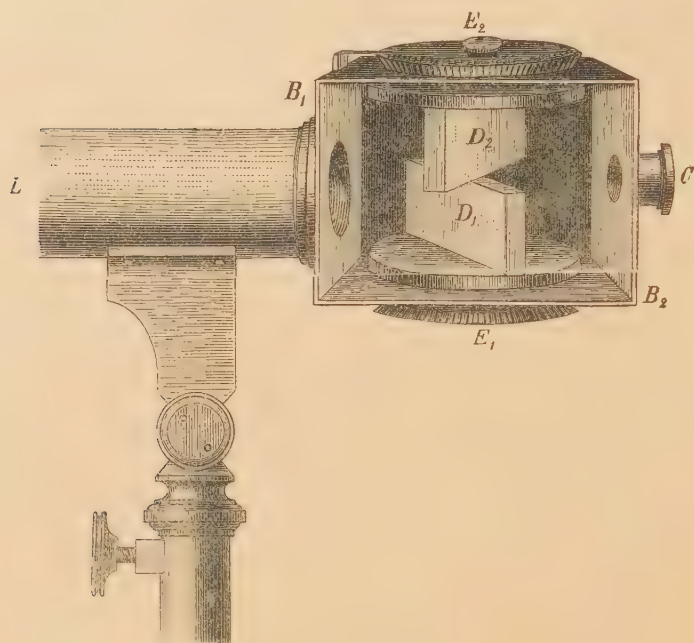
nia znajdujemy, $c_1c = \frac{h \sin \gamma}{\cos \beta}$ a ponieważ kąt $\gamma = \alpha - \beta$ więc $c_1c =$

$$\frac{h (\sin (\alpha - \beta))}{\cos \beta}$$

W oftalmometrze Helmholtza zasada ta jest zużytkowana w ten sposób, że w komorze B_1B_2 ustawione są przed otworem C dwie szklane płyty D_1D_2 jedna nad drugą, których brzegi tak są do siebie doszlifowane, że równolegle ustawione obie płyty mogą prawie być uważane optycznie za jedną całość. Płyty te są ustawione na dwóch pionowych osiach E_1E_2 , z których jedna jest umocowana w górnej ścianie komory, druga w dolnej. Osie są zaopatrzone zębatymi kółkami, które za pomocą trzeciego kółka mogą być obracane w ten sposób, że gdy płyta dolna skręca się na lewo, górna skręca się na prawo zupełnie pod tym samym kątem. Jeżeli zatem mamy jakiś punkt świecący przed przyrządem i patrzymy na niego przez lunetę przyrządu L , to będziemy go widzieli pojedynczo tylko wtedy, gdy obie płyty stoją jedna nad drugą równolegle, tworząc jedną powierzchnię, jeżeli zaś są mniej lub

więcej skrzycone. zawsze otrzymamy obraz podwójny; o ile bowiem płyta górna przesuwana się na prawo, o tyle płyta dolna przesuwana go na lewo. Przesunięcie to, jak z ostatniego równania wypada, będzie tem większe, im większy jest kąt, który tworzą obie płyty. Stopień skrzywienia mo-

Rycina 151.



Oftalmometr Helmholtza, B_1 , B_2 skrzynka w której są ustawione szklane płyty D_1 , D_2 , L luneta.

żemy w oftalmometrze Helmholtza odczytać wprost z podziałki umieszczonej na górnym kółku zębata na zewnątrz komory. Oczywiście, że w tym przypadku odległość tych dwóch obrazów będzie dwa razy większą, niż w podanem równaniu.

Dla oznaczenia wielkości obrazu, który daje rogówka, musimy przedewszystkiem wziąć taki przedmiot, którego obraz byłby możliwie wyraźny. W tym celu Helmholtz posługuje się wyobrażaną linią, której końce są oznaczane za pomocą dwóch świec lub dwóch otworków

kwadratowych, oświetlonych z tyłu lampą. Samo doświadczenie wykonujemy w sposób następujący: obok oftalmometru w odległości pół metra na prawo i na lewo ustawiamy po jednej świecy, tak, iż ich odległość od siebie wynosi dokładnie 1 m. Następnie ustawiamy oko, w którym ma być oznaczony promień krzywizny rogówki, wprost przed lunetą oftalmometru w pewnej odległości, przypuśćmy także 1 m. i za pomocą lunety oftalmometru wyszukujemy obrazy obu świec na rogówce, mające obie płytki szklane ustawione równolegle; skoro znajdziemy obrazki obu świec, rozpoczynamy skręcać płyty; oczywiście, że wskutek podanych wyżej przyczyn każdy obrazek staje się podwójnym tak, iż powstają 4 obrazki świec. W miarę, jak się zwiększa kąt skręcenia płyt, środkowe obrazki coraz bardziej się do siebie zbliżają, aż w końcu staną jeden na drugim. W tem ustawieniu odległość między skrajnymi obrazkami jest oczywiście dwa razy większą niż obraz pojedynczy odległości istniejącej między świecami. Tę podwójną odległość możemy obecnie oznaczyć na podstawie podanego wyżej wzoru, dla którego kąt α odczytujemy na podziałce przyrządu, tylko wyrażenie wyżej podane w tym przypadku musimy wziąć półczwórnice.

Rycina 152.



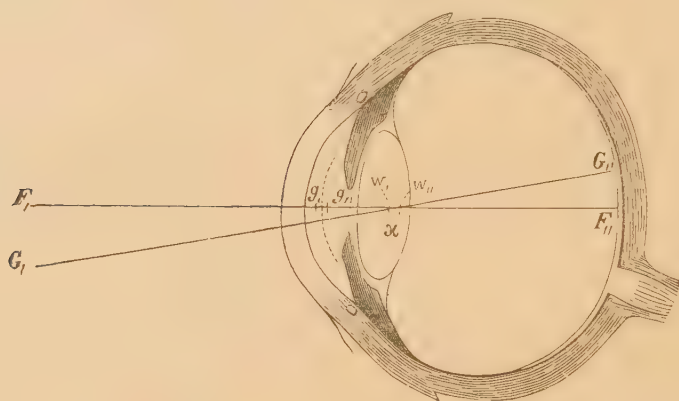
Znając zatem wielkość przedmiotu, którą w tym przypadku stanowiła odległość obu świec od siebie, znając odległość świec od badanej rogówki i wielkość obrazu znalezionej zapomocą oftalmometru, możemy łatwo z równania $r = \frac{2/B_2}{B_1}$ obliczyć promień krzywizny rogówki. Oczywiście, że do tych oznaczeń musimy dokładnie znać grubość płyt szklanych i ich współczynnik załamania¹⁾. Ten sam przyrząd, w odpowiedni sposób użyty, może służyć do oznaczenia promienia krzywizny przedniej i tylnej powierzchni soczewki, odległości soczewki od rogówki i grubości soczewki.

W miarę, jak zastosowywano coraz dokładniejsze sposoby badania promieni krzywizn wszystkich środowisk oka, oraz ich współczynników załamania, coraz więcej stwierdzano indywidualne różnice pomiędzy oczami różnych osobników; nadto wykazano, że same krzywizny niezupełnie odpowiadają powierzchniom sferycznym i przedstawiają nie-

¹⁾ Oftalmometr, który posiada zakład fizyologiczny w Krakowie ma płyty grubości 4.40136 mm.; $n = 1.5896$.

raz bardzo znaczne zboczenie od dokładnej powierzchni kulistej. Przekonano się wkońcu, że niekiedy cały układ optyczny oka może przedstawiać takie niedokładności, iż wskutek nich prawie niepodobna go uważać za układ o powierzchniach centrowanych. Wobec tego wypadałoby dla każdego oka osobno obliczać wszystkie kardynalne punkty i współczynniki załamkiwania, co oczywiście bardzoby utrudniało wszelkiego rodzaju badania porównawcze oka. Ażeby jednak w badaniach mieć możność porównania z sobą wyników, zaproponował Listing utworzyć oko schematyczne, w którym wszystkie kardynalne wymiary odpowiadałyby mniej więcej średnim wymiarom różnych oczu. Niektóre z tych wymiarów zostały następnie zmodyfikowane przez Helmholtza

Rycina 153.



tak, iż obecnie schematyczne oko Listing-Helmholtza zupełnie wystarcza do wszelkich porównawczych badań fizjologicznych, jakkolwiek niektóre z tych wymiarów mogłyby być jeszcze dokładniej obliczone. Te średnie wymiary są następujące:

promień krzywizny rogówki	8 mm.
» » przedniej powierzchni soczewki . . .	10 »
» » tylnej » »	6 »
odległość przedniej powierzchni rogówki od przedniej po-	
wierzchni soczewki	4 »
grubość soczewki	4 »

Mając te dane można obliczyć położenie kardynalnych punktów w oku i tak: 1) pierwsze główne ognisko ma się znajdować w schematycznym oku w odległości 12.8326 mm. od przedniej powierzchni rogówki, drugie główne ognisko w odległości 14.6470 mm. od tylnej powierzchni soczewki; 2) pierwszy główny punkt ma leżeć po za przednią powierzchnią rogówki w odległości 2.1746 mm., drugi zaś w odległości 2.5724 od przedniej powierzchni rogówki tak, iż odległość jednego od drugiego wynosi 0.3978; 3) pierwszy punkt węzłowy ma leżeć przed tylną powierzchnią soczewki w odległości 0.7580 mm., drugi zaś w odległości 2.3602 mm.; 4) w ten sposób pierwsza, przednia ogniskowa odległość ma wynosić 15.0072 mm., druga tylna 20.0476 mm. Stosunek wzajemny kardynalnych punktów przedstawia rycina 153.

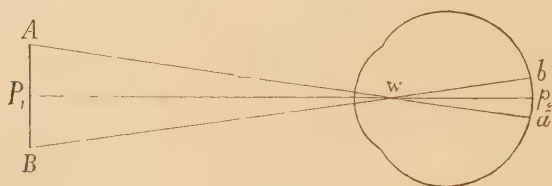
Zapomocą kardynalnych punktów można w sposób wyżej podany wyznaczyć położenie obrazu punktu świecącego, który się znajduje przed okiem. Ponieważ nadto oba punkty główne oka i oba węzłowe leżą bardzo blisko siebie, można więc bez wielkiego błędu w wynikach oba główne i oba węzłowe punkty złączyć w jeden. W ten sposób otrzymamy jeszcze więcej uproszczony schemat oka, który Listing nazwał okiem zredukowanym (*das reducierte Auge*). W oku zredukowanym pojedynczy punkt główny leżałby o 2.3448 mm. poza przednią powierzchnią rogówki, zaś punkt węzłowy w odległości 0.4764 mm. przed tylną powierzchnią soczewki, przyczem położenie głównych ognisk nie uległoby żadnej zmianie.

W tych przypadkach, w których wiadomo z wszelką pewnością, że obraz na siatkówce jest zupełnie dokładny i idzie tylko o oznaczenie miejsca, w którym się on znajduje, wystarcza wiedzieć tylko położenie punktów węzłowych; dla uproszczenia obliczeń możemy się bez wielkiego błędu posługiwać tylko punktem węzłowym drugim. W tym celu od punktu, którego obrazu szukamy, prowadzimy linię prostą do drugiego punktu węzłowego i przedłużamy ją aż do siatkówki; punkt, w którym ona się przecina z siatkówką, nie jest miejscem położenia obrazu. Linię tę nazywamy linią *kierunkową*. Wobec tego punkt węzłowy możemy uważać za punkt przecięcia się lub zkrzyżowania wszystkich linii kierunkowych. Ta część linii kierunkowej, która leży przed okiem, może służyć także za drogę dla jednego z promieni świetlnych, idących do oka, a w takim razie promień ów również można nazwać promieniem kierunkowym. Ten z promieni kierunkowych, który po przejściu przez punkt węzłowy przecina siatkówkę w miejscu jasnego widzenia, nazywamy *linią widzenia*. Przednia część tej linii łączy więc punkt, na

który patrzymy z pierwszym punktem węzłowym, tylna zaś łączy drugi punkt węzłowy z jamką na żółtej plamce. Linia ta była także jakiś czas uważana za oś optyczną oka, jednakże badania Helmholtza wykazały, że przed okiem linia widzenia przebiega nieco ku wewnątrz i ku górze od osi optycznej oka tak, iż w tylnej części oka linia ta przebiega nieco na zewnątrz i ku dołowi od tylnej części osi optycznej (patrz ryc. 153). Tylony więc koniec osi optycznej przecina siatkówkę pomiędzy plamką żółtą a nerwem wzrokowym, jak to już wspomnieliśmy wyżej.

Linie kierunkowe dają nam możliwość znalezienia dla każdego przedmiotu, znajdującego się przed okiem, wielkości obrazu na siatkówce. W tym celu od dwóch skrajnych punktów tego przedmiotu prowadzimy dwie linie kierunkowe przez drugi punkt węzłowy aż do siatkówki; odległość punktów przecięcia się tych dwóch linii z siatkówką przedstawia

Rycina 154.



nam wielkość obrazu (patrz ryc. 154), a ponieważ w ten sposób otrzymujemy dwa podobne trójkąty, więc z nich możemy obliczyć z wielką dokładnością wielkość obrazu.

Mianowicie wskutek podobieństwa trójkątów:

$$\frac{B_2}{B_1} = \frac{P_2 w}{P_1 w} \text{ z czego } B_2 = \frac{B_1 P_2 w}{P_1 w} \text{ czyli } \frac{15 B_1}{P_1 w}$$

Kąt widzenia.

Kąt utworzony przez dwie linie kierunkowe, odchodzące od dwóch najbardziej odległych punktów przedmiotu nazywamy *kątem widzenia*. Ażebyśmy byli w stanie widzieć dokładnie przedmiot, który się znajduje przed naszym okiem, kąt widzenia musi wynosić około 60 sek.; w takim razie liniowy wymiar obrazu na siatkówce = 0.004 mm. Jeżeli obraz danego przedmiotu jest mniejszy, z powodu że kąt widzenia jest

także mniejszy, niż 60 sek., to przedmiot widziany daje nam tylko wrażenie jednego punktu; jednakże pod tym względem zachodzą, prawdopodobnie wskutek pewnych zmian w aparacie nerwowym oka, indywidualne różnice. Zdolność rozpoznawania przedmiotów, znajdujących się przed okiem, nazywamy *bystrością wzroku*.

Im pod mniejszym kątem widzimy dane przedmioty, tem większą jest bystrość wzroku tak, iż możemy przyjąć, że bystrość wzroku zostaje w odwrotnym stosunku do kąta widzenia. Kąt widzenia zależy także od charakteru samego przedmiotu, jego własności świetlnych i jego kształtu. I tak gwiazdy dają na siatkówce obrazy o wiele mniejsze, niż podaliśmy wyżej, a jednak możemy je odróżnić. Ciała kuliste również możemy odróżnić nawet w takim razie, jeżeli widzimy je pod kątem 30—20 sek., nitkę pajęczą możemy widzieć jeszcze pod kątem 3 sek., a błyszczącą niteczkę nawet pod kątem $\frac{1}{3}$ sek.

W celu badania bystrości wzroku Jäger, Giraud-Teulon, Snellen i inni okuliści obmyślili osobne tablice, zawierające litery, liczby lub znaki, które mają być okiem prawidłowem widziane z pewnej odległości. Obok każdego szeregu takich liter lub znaków znajdują się liczby, które tę odległość oznaczają. Kąt widzenia, jak to łatwo sobie wytłomaczyć, jest dla jednego i tego samego wymiaru litery lub znaku tem większy, im odległość litery lub znaku od oka będzie mniejsza i dlatego bystrość wzroku badanego osobnika możemy oznaczyć ułamkiem, który przedstawia nam stosunek odległości, z której badany osobnik dane znaki widzi, do tej odległości, z której je widzi oko prawidłowe; i tak przypuścimy, że znak „ oko prawidłowe widzi z odległości D , badany zaś osobnik widzi ten znak tylko z odległości mniejszej, n. p. d , wtedy mówimy, że bystrość wzroku badanego osobnika jest mniejszą niż prawidłowa i wyrażamy ją ułamkiem $\frac{d}{D}$. Przypuścimy n. p. że ostatni sze-

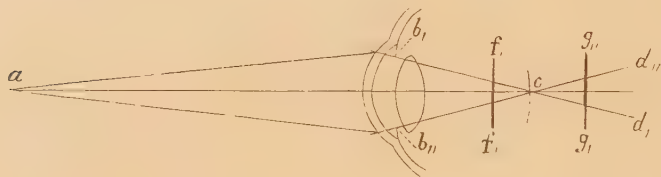
reg liter w tablicy Snellena musi być widziany z odległości 10 m.; przypuścimy, że badany osobnik widzi ten szereg tylko z odległości 5 m.; w takim razie bystrość jego wzroku wynosi $\frac{5}{10}$. W celu ułatwienia badania każda tablica zawiera litery lub znaki tego samego kształtu, lecz takiej wielkości, że prawidłowe oko pierwszy numer powinno widzieć z odległości 60 m., drugi 50, trzeci 40, i t. d. ostatni z odległości 6 m. Człowiek posiadający prawidłowe oko winien więc z odległości 6 m. widzieć wszystkie numera. Jeżeli podczas próby okaże się, że badany widzi tylko nr. 3 i że przyczyną tego nie są zmiany środowisk załamujących oko, to stan widzenia wyrażamy ułamkiem $\frac{3}{6}$, co bynajmniej

nie oznacza, że badany osobnik posiada $\frac{1}{2}$ widzenia, lecz tylko że badany widzi nr. 3 z tej odległości, z której prawidłowe oko widzi nr. 6.

Dokładność obrazów w oku i obrazy rozproszone.

Oko prawidłowe, podobnie jak inne przyrządy optyczne n. p. soczewki proste lub złożone, od każdego punktu świecącego, który się znajduje przed okiem może dać tylko jeden obraz dokładny, rzeczywisty lub urojony. Położenie tego obrazu zależy od położenia punktu świecącego w stosunku do głównej odległości ogniskowej. Ponieważ odległość pierwszego głównego ogniska od rogówki jest bardzo mała, tak, iż prawie zawsze przedmioty, których obrazy mogą powstawać w oku, znajdują się w odległości większej niż odległość ogniskowa, skutkiem

Rycina 156.



tego w oku powstają zawsze tylko obrazy rzeczywiste, odwrócone i pomniejszone. Jeżeli oko będziemy uważali za zwykły przyrząd optyczny, to na mocy własności takich przyrządów musimy z góry przyjąć, że dla każdego oka może być tylko jedna taka odległość przedmiotu, z której obraz na siatkówce jest wyraźny i dokładny; z każdej zaś innej odległości będzie niedokładny, niewyraźny.

Weźmy n. p. punkt *a* (patrz rycina 156); po załamaniu się w oku promienie, wychodzące z tego punktu, zbiegają się w punkcie *c*. Jeżeli odległość tego punktu odpowiada ściśle odległości siatkówki (warstwy czopków i pręcików) od soczewki, obraz punktu zupełnie wyraźny pozostanie na siatkówce; jeżeli natomiast siatkówka będzie się znajdowała w płaszczyźnie *gg* lub *ff*, w obu razach zamiast punktu powstają mniej lub więcej jasne kręgi wskutek przecięcia się promieni, idących zbieżnie ku *c* w płaszczyźnie *ff*; promienie te tworzą stożek zwrócony podstawą ku soczewce, zaś w płaszczyźnie *gg* podstawa stożka promieni rozbieżnych, wychodzących z punktu *c*, jest zwrócona w stronę przeciwną.

W obu razach będziemy mieli kręgi rozproszenia, które, zależnie od położenia siatkówki względem punktu *c*, będą większe lub mniejsze.

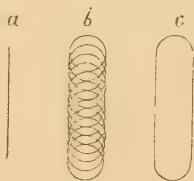
Kręgi rozproszenia lub wogóle niewyraźne obrazy możemy obserwować, używając wprost zwykłej soczewki. Te obserwacje nas pouczają, że i w oku na siatkówce, jeżeli mamy do czynienia z punktem świecącym, kształt kręgów rozproszenia zależy od tego, jakiego kształtu jest w przekroju snop promieni, wchodzących do oka; jeżeli źrenica jest okrągła, to promienie przechodzące przez nią tak na zewnątrz jakoteż i na wewnątrz oka będą tworzyły zupełnie prawidłowe stożki i kręgi rozproszenia mają zawsze w takim razie kształt koła; gdyby zaś otwór źrenicy miał kształt nieprawidłowy, w takim razie obrazy rozproszone na siatkówce miałyby również ten sam kształt, jaki ma otwór w źrenicy.

Inaczej rzecz się przedstawia, jeżeli bierzemy świecącą linię; w takim razie, w przypadku kiedy na siatkówce powstaje obraz rozproszony, ma on kształt figury, przedstawionej na rycinie 156. Jeżeli mamy przed sobą całą płaszczyznę, to niejasny, czyli rozproszony obraz zachowuje ten charakter tylko na brzegach.

Rycina 156.

Fakta te każdemu są znane i bardzo łatwo możemy się przekonać, że obrazy rozmaitych przedmiotów, zależnie od ich odległości od oka, występują u nas niejednakowo wyraźnie; lecz z drugiej strony każdy z nas wie również dobrze z osobistego doświadczenia, że możemy z równą dokładnością i jasnością widzieć przedmioty, które się znajdują na różnych odległościach od oka. Z tego wypada: 1) że w oku naszym nie mogą powstawać jednakowo wyraźne obrazy od dwóch przedmiotów znajdujących się na rozmaitych odległościach i 2) że oko musi posiadać w sobie mechanizm, który mu pozwala przystosować się do odległości tak, ażeby wyraźny obraz tego lub innego przedmiotu powstawał dowolnie na siatkówce.

Ze rzeczywiście nie możemy naraz widzieć jednakowo wyraźnie przedmiotów, których odległość od oka nie jest jednakowa, przekonują nas następujące doświadczenia: 1) Jeżeli przez zwykłą woalkę będziemy patrzyli na litery w książce z odległości n. p. 50 cm. od woalki, to możemy naraz widzieć albo tylko litery, albo siatkę woalki; jeżeli staramy się widzieć siatkę woalki, to litery sprawiają wrażenie tylko niewyraźnych ciemnych plamek i odwrotnie patrząc na litery widzimy tylko niewyraźny obraz siatki woalki.



2) Jeżeli ustawimy przed okiem zwykłą szpilkę w płaszczyźnie tak, ażeby ona odpowiadała jednej z poprzecznych krat okna, od którego musimy być oddaleni co najmniej na 1 m., to patrząc na szpilkę, widzimy kraty okna jako ciemne rozlane smugi, patrząc zaś na kratę w oknie lub na inny jakiś przedmiot za oknem, zupełnie nie widzimy szpilki i mamy tylko wrażenie niewyraźnej ciemnej smugi.

3) Patrząc przez otwór, wynoszący kilka milimetrów średnicy, możemy widzieć wyraźnie albo tylko brzegi otworu, albo też przedmioty po za nim się znajdujące.

Z tych doświadczeń jednakże zarazem wypływa drugi wniosek: skoro w rzeczywistości nie możemy naraz widzieć jednakowo wyraźnie przedmiotów z rozmaitych odległości od oka, natomiast widzimy wyraźnie każdy przedmiot z osobna, to fakt taki staje się możliwym tylko pod warunkiem, że oko posiada zdolność przystosowywania się do rozmaitych odległości. Zdolność tę nazywamy *akomodacją oka*.

Akomodacja oka.

Badania zdolności akomodacyjnej oka stwierdzają przedewszystkiem, że im dalej od oka znajdują się przedmioty obserwowane, tem mniejsze jest przystosowanie się, to jest tem mniejsze różnice występują w obrazach, które powstają w oku. Dla prawidłowego oka to przystosowanie się ustaje, skoro dochodzimy do odległości 12 m. tak, iż odległość tę możemy uważać jakby za odległość kresową; przedmioty bowiem znajdujące się od oka dalej niż 12 m. widzimy wyraźnie bez osobnego przystosowania się oka, widzimy je równie dobrze, jak przedmioty leżące w odległości 12 m., byle oświetlenie było jednakowo dobre.

Co do przedmiotów bliższych, t. j. leżących bliżej niż 12 m., rzecz się ma odwrotnie: im bliżej oka leżą przedmioty, których obrazy porównujemy, tem mniejsze muszą być różnice w odległościach, jeżeli pragniemy mieć obrazy jednakowo dokładne. Jednakże i dla blizkich przedmiotów możemy zawsze wyznaczyć pewną przestrzeń, na której mogą się przedmioty różnić odległością, a pomimo to możemy je widzieć naraz jednakowo wyraźnie. Ażeby się o tem przekonać, bierzemy ostrze szpilki lub zwykłego ołówka i, patrząc na litery, staramy się znaleźć taką odległość ostrza od liter, abyśmy, patrząc na ostrze, mogli zarazem widzieć wyraźnie litery. Znalazłszy tę odległość możemy się przekonać, że ona nie jest stałą i że zależy od odległości oka od obu przedmiotów; mianowicie im więcej zbliżamy oko do szpilki, tem bardziej jej ostrze musi być zbliżone do liter, abyśmy je mogli widzieć

wyraźnie i odwrótnie, im więcej oddalamy oko od obu przedmiotów, tem względna ich odległość może być większą, chociaż obrazy ich mogą być jeszcze wyraźne. Tę część linii widzenia, na której podczas tego samego ustawienia oka bez widocznych różnic widzimy wyraźnie dwa przedmioty równocześnie, nazwał Czermak *linią akomodacyi*.

Z tego, cośmy powiedzieli wyżej, wypada, że linia akomodacyi jest tem większą, im dalej ją bierzemy od oka; w odległości zaś większej niż 12 m. staje się ona prawie nieskończenie wielką. Wypływa to po części i ztąd, że im dalej od oka leżą widziane przedmioty, tem obrazy ich w oku są mniejsze, a wskutek tego w rzeczywistości i tem mniejsze są kręgi rozproszenia.

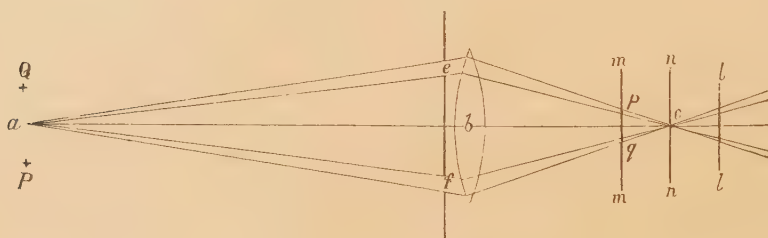
Linie, która przebiega przez takie dwa punkty, w przestrzeni których obrazy wzajemnie się na siatkówce pokrywają, (t. j. jeden z nich jest wyraźny, a drugi może być słabym obrazem rozproszonym) nazywamy *linią celowania* (*Visierlinie*). Wszystkie takie linie mają tę własność, że się krzyżują w jednym punkcie oka, mianowicie w środku obrazu źrenicy, utworzonego przez tylną powierzchnię rogówki. Punkt ten nazywamy *punktem przecięcia się linii celowania*.

Przystosowanie się oka do rozmaitych odległości polega na zmianie jego optycznych własności. O tem możemy się łatwo przekonać, badając wielkość obrazu za pomocą osobnego przyrządu (wziernik), który pozwala dokładnie widzieć siatkówkę z jej naczyniami i obrazami zewnętrznych przedmiotów. Jeżeli np. oko badane zapomocą wziernika akomoduje do jakiegoś przedmiotu, leżącego w pewnej odległości, a jednocześnie na tej samej odległości ustawimy obok świecę, to równocześnie możemy widzieć zupełnie wyraźnie obraz świecy na siatkówce i same szczegóły siatkówki. Jeżeli następnie położenie świecy będziemy zmieniali, t. j. przybliżali ją lub odsuwali, to obraz jej na siatkówce przestaje być jasnym, podczas gdy szczegóły samej siatkówki pozostają wciąż jednakowo wyraźne. Odwrotnie, jeżeli, otrzymawszy wyraźny obraz świecy na siatkówce, i widząc dokładnie szczegóły siatkówki, każemy badane oko przenieść na przedmiot bliższy lub dalszy, nie zmieniając ustawienia świecy, to przystosowawszy swoje oko za pomocą szkieł do badanego oka, możemy ponownie widzieć wyraźnie szczegóły siatkówki, lecz obraz świecy pozostaje już wciąż niewyraźnym. Z badań tych można wnosić, że podczas przystosowywania się oka do różnych odległości, główną rolę musi odgrywać aparat optyczny oka, nie zaś położenie siatkówki względem soczewki, jak to przypuszczali dawniejsi fizyologowie.

Jednem z najbardziej przekonujących doświadczeń co do samego faktu istnienia akomodacji jest doświadczenie Scheinera.

Jeżeli w karcie (np. zwykłej kartce wizytowej) zrobimy dwa otworki szpilką w odległości mniej więcej 3 mm. jeden od drugiego (odległość ta powinna być mniejszą, niż średnica źrenicy) i patrzymy przez nie, przyłożywszy kartę do oka, na szpilkę znajdującą się przed okiem, to widzimy ją zupełnie wyraźnie i pojedynczo. Jeżeli natomiast przez te same dwa otworki będziemy patrzyli na drugą szpilkę, znajdującą się w pewnej odległości przed lub za pierwszą, to pierwsza z nich od razu daje nam obraz podwójny. Jeżeli patrząc na szpilkę dalszą i otrzymawszy podwójny obraz bliższej szpilki, zakryjemy otworek prawy, to znika obrazek lewy szpilki bliższej. Jeżeli natomiast patrzymy na szpilkę bliższą, to otrzymujemy podwójny obrazek szpilki dalszej; jeżeli teraz zakryjemy również otworek prawy, to znika przeciwnie obraz prawy szpilki i odwrotnie. Doświadczenie to możemy wykonać także z soczewką (patrz ryc. 157).

Rycina 157.



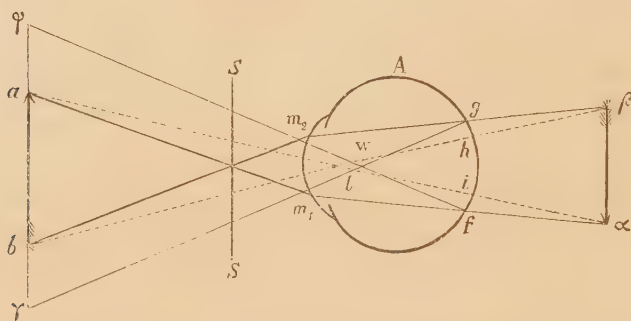
Przypuśćmy, że a jest punkt świecący, e i f otworki w ekranie, b soczewka. Promienie ae i af po przejściu przez soczewkę przetną się w punkcie c , gdzie dadzą rzeczywisty obraz punktu świecącego a , obraz ten możemy widzieć, stawiając w punkcie c matowe szkło mn . Jeżeli w a jest jakiś przedmiot, to w c otrzymujemy jego wyraźny obraz rzeczywisty, pomniejszony i odwrócony. Jeżeli natomiast matową szybę przesuniemy nieco ku soczewce lub odsuniemy od niej, to zamiast jednego punktu świecącego otrzymujemy dwie jasne plamki czyli dwa kręgi rozproszenia. Położenie szyby matowej w mn odpowiada temu przypadkowi w doświadczeniu Scheinera, kiedy oko jest ustawione do szpilki dalszej, t. j. kiedy obraz szpilki bliższej powstaje w oku po za siatkówkę; położenie w ll natomiast odpowiada ustawieniu oka na przedmiot bliższy, kiedy obraz szpilki dalszej powstaje przed siatkówką. Je-

żeli w doświadczeniu z soczewką zakryjemy jeden otworek np. e , to przy ustawieniu szkła matowego w mn w obrazie nie zachodzi żadna znaczna zmiana, prócz lekkiego osłabienia stopnia oświetlenia; przy ustawieniu w mm znika obrazek po tej samej stronie t. j. obrazek p ; wreszcie przy ustawieniu w ll znika obrazek po przeciwnej stronie, t. j. obrazek p_1 . Porównując te wyniki z tem, cośmy w doświadczeniu Scheinera otrzymali w oku, łatwo się przekonywamy, że w doświadczeniu z soczewką znikanie obrazków rozproszonych jest odwrotne. Ta sprzeczność doświadczenia z soczewką ze zjawiskami, które otrzymujemy w oku, tłumaczy się tem, że na siatkówce zwykle wyraźne obrazy są rzeczywiste i odwrócone; wskutek doświadczenia, które od pierwszych chwil naszego życia za pomocą oka i innych zmysłów zdobywamy, wyuczamy się odnosić każde wrażenie wywołane w siatkówce na zewnątrz w kierunku promieni kierunkowych, t. j. promieni idących przez punkt węzłowy; wskutek tego w naszej świadomości obrazki p i q powstające w oku odnosimy na zewnątrz w P i Q . Oczywiście więc patrząc na daleki przedmiot i zakrywając otworek e , usuniemy w oku także obrazek p , lecz ponieważ obrazek ten odnosimy na zewnątrz w położenie P , więc znika obraz P , t. j. odbieramy wrażenie, jakbyśmy w rzeczywistości zakryli otworek f ; przeciwnie, jeżeli oko ustawiamy do przedmiotów bliskich, to obrazki rozproszone p_1 i q_1 powstają już po skrzyżowaniu się promieni w c i wskutek tego odnosząc je na zewnątrz w kierunku linii kierujących widzimy q_1 w P , a p_1 w Q ; jeżeli więc zakryjemy otworek e , to znika nam obrazek p_1 , któremu na zewnątrz odpowiada Q , czyli obrazek po tej samej stronie.

Badanie obrazów na siatkówce za pomocą wziernika, jak również doświadczenie Scheinera dostarczają niewątpliwych dowodów, że akomodacja oka polega prawie wyłącznie na zmianie łamiących własności środowisk oka. Siła skupiająca tych środowisk jest najmniejszą wtedy, kiedy patrzymy na przedmiot, znajdujący się w znacznej odległości, i wzrasta do pewnej granicy w miarę, jak przenosimy oko na przedmioty coraz bliższe. Dzięki temu wzmaganie się siły łamiącej środowisk oka, możemy rzeczywiście otrzymywać wyraźne obrazy przedmiotów z rozmaitych odległości, do których oko może się przystosować. Jednakże wśród pewnych warunków możemy widzieć wyraźnie i takie przedmioty, do których oko nie jest zaakomodowane, np. gdy patrzymy na przedmioty przez mały otwór w ekranie, znajdującym się w małej odległości od oka (patrz rycinę 158).

Przypuśćmy, że ab jest przedmiotem, na który patrzymy i że a i b są punktami świecącymi, które dają nam szereg promieni, z których am_2 i bm_1 trafiają na rogówkę. Po przejściu przez rozmaite środowiska oka, promień am_1 przecina siatkówkę w punkcie f , zaś promień bm_2 w punkcie g . Prócz promieni am_1 i bm_2 przebiegają przez otworek w ekranie SS także w tym samym kierunku jeszcze inne promienie, które razem z poprzednimi tworzą w punktach f i g kręgi rozprzeczłe; kręgi te jednak są bardzo małe wskutek małej wielkości otworu w ekranie. Wobec tej właśnie okoliczności, że kręgi rozprzeczłe punktów świecących a i b są bardzo małe, występują one w naszej świadomości jako

Rycina 158.



obrazy zupełnie wyraźne i chociaż w rzeczywistości obraz przedmiotu ab wskutek niezaakomodowania oka musiałby powstać w $\alpha\beta$, to jednakże wrażenie, które ten przedmiot w oku wywołuje, jest takie, jak gdybyśmy na siatkówce mieli wyraźny obraz przedmiotu ab . Ponieważ jednakże wrażenia nasze odnosimy na zewnątrz zawsze w kierunku linii kierunkowych, a więc punkt b , którego koła rozprzeczłe powstają w g , widzimy nie w kierunku gm_2 lecz w kierunku $g\gamma$, punkt zaś a w kierunku $\gamma\phi$ przez to przedmiot, jak to widzimy z rysunku, wydaje się nam znacznie powiększonym. Stopień tego powiększenia możemy oznaczyć za pomocą linii celowania, t. j. linii, przechodzącej przez środek kręgów rozproszenia; w tym celu wyobraźmy sobie linie bl i al , gdzie l jest środkiem źrenicy, które przebiegają z punktów a i b i przecinają się z promieniami am_1 i bm_2 . Linie te przecinają siatkówkę w punktach h i i , które to punkty są środkami kręgów rozproszenia, któreby powstały od punktów a i b , w razie, gdybyśmy usunęli ekran. Rzeczywista więc wielkość obrazu, któryby mógł powstać w oku od

przedmiotu widzianego pod kątem *alb*, byłaby *hi*, a tymczasem patrząc przez otwór w ekranie, oświetlamy siatkówkę brzegami kręgów rozproszenia, których odległość od siebie stanowi linia *gt'*, znacznie większa od *hi*.

Powiększenie to jest tem większe, im dalej od oka leży ekran, im mniejszy jest otvorek, im do dalszych przedmiotów akomoduje oko. Fakt, że patrząc przez mały otvorek zmniejszamy kręgi rozproszenia, jest przyczyną, że nieświadomie mróżyśmy powieki, patrząc na przedmioty, których nie widzimy wyraźnie wskutek np. wad refrakcyi oka.

Najdalszy i najbliższy punkt widzenia (*Punctum proximum et remotum*). Widzieliśmy wyżej, że oko może się przystosowywać do rozmaitych odległości, t. j. że tak dalekie jako też bliskie przedmioty mogą dawać na siatkówce obrazy wyraźne. Przystosowanie to jednakże jest możliwe tylko w pewnych granicach. Przypuśćmy, że punkt świecący lub pewien przedmiot znajduje się w odległości n. p. 12 m. od oka i że widzimy go zupełnie wyraźnie; przybliżając go do siebie przekonamy się, że oko nasze może się przystosowywać do danej odległości tylko dopóty, dopóki ta odległość nie dojdzie do pewnej granicy, mianowicie dopóki nie zbliżymy go do odległości 12 cm. Poza tą granicą obraz przedmiotu staje się niewyraźnym i tembardziej traci na wyrazistości im więcej się zmniejsza odległość. Ta najmniejsza odległość, z której przedmiot może być jeszcze wyraźnie widziany dzięki przystosowaniu się oka nazywa się *najmniejszą odległością widzenia*, a punkt graniczny — *najbliższym punktem jasnego widzenia* (*punctum proximum*). Punkt ten dla oczu różnych osób leży niejednakowo daleko od oka: podczas gdy dla ócz, które możemy uważać za zupełnie prawidłowe, znajduje się mniej więcej w odległości 12 cm., u osób innych odległość ta może wynosić 6 cm. lub być znacznie większą od 12 cm.

Gdybyśmy następnie w ten sam sposób przedmiot obserwowany coraz dalej odsuwali od oka, to również moglibyśmy się przekonać, że podczas gdy u innych osób możemy zwiększyć odległość prawie dowolnie i pomimo to, jeśli tylko oświetlenie i kąt widzenia są odpowiednie, one wciąż widzą przedmiot zupełnie wyraźnie, u innych wystarczy oddalić go na kilkanaście lub kilkadziesiąt cm. ażeby obrazy w oku stały się rozproszonymi. Tę najdalszą odległość, z której widzimy przedmioty jeszcze wyraźnie, zowiemy *najdalszą odległością*, a punkt, w którym przedmiot w tym wypadku się znajduje, *punktem najdalszym*, (*punctum remotum*). Akomodacja więc oka jest to własność, dzięki któ-

rej możemy widzieć wyraźnie przedmioty, znajdujące się na przestrzeni pomiędzy punktem najdalszym i najbliższym.

Mechanizm akomodacji. Każdy na sobie łatwo może się przekonać, że dla oka nie jest to samo, czy patrzymy na przedmioty dalekie, czy też na bliskie. W pierwszym przypadku, gdy n. p. rozglądamy okolice na otwartej przestrzeni w górach lub równinach, pomimo że całemi godzinami oczy nasze są czynnemi, nie uczuwamy w nich najmniejszego znużenia; zupełnie inaczej rzecz się ma w drugim przypadku, gdy przez czas dłuższy zmuszeni jesteśmy patrzeć na przedmioty bliskie, jak n. p. wtedy, gdy zmuszeni jesteśmy czytać drobny druk, rysować, wyszywać i t. p., we wszystkich tych przypadkach zwykle czujemy w oku pewien stan znużenia, który w wyższych stopniach nie tylko pociąga za sobą przykre uczucie, lecz nawet ból ponad oczodołami. Różnica stanów w tych dwóch przypadkach świadczy, że akomodacja oka do przedmiotów bliskich musi zależeć od pewnej fizyologicznej czynności, która, trwając przez czas dłuższy, wprawia narządy w stan znużenia i przez to wywołuje owe przykre objawy.

Że akomodacja jest aktem fizyologicznym czynnym, widzimy także z tego, że 1) możemy dowolnie oko przystosowywać do blizkich odległości. 2) doznajemy osobnego uczucia, które świadczy o tem, że w oku zachodzi jakaś zmiana. Tego uczucia nie mamy, gdy patrzymy na przedmioty dalekie. Na tej podstawie musimy przyjąć, że oko w tym ostatnim przypadku jest w spoczynku, że ono jest niejako przyrządem optycznym tak przystosowanym, że nie potrzebuje żadnego wysiłku fizyologicznego ze strony naszego mózgu i nerwów, ażeby wytworzyć wyraźny obraz na siatkówce od przedmiotów znajdujących się na pewnej odległości.

Prócz przytoczonych faktów podmiotowych istnieją i przedmiotowe, które również wskazują, że akomodacja jest zjawiskiem czynnem. Takim faktem jest np. działanie niektórych środków narkotycznych, które czynność akomodacyjną zupełnie zawieszają (Donders). Z pośród tych środków pierwsze miejsce zajmuje atropina, która zastosowana na oko wywołuje w niem stan podobny do tego, w jakim się znajduje oko, gdy patrzymy na przedmioty dalekie; skutek tego w oku, na które podziałała atropina, są wyraźne obrazy tylko przedmiotów dalekich, wszystkie zaś przedmioty bliższe dają obrazy rozproszone; zdolność akomodacyjna oka zupełnie znika. Z tego oczywiście musimy wnosić, że zastosowanie atropiny musiało w samem oku zawiesić czynność jakiegoś aparatu, od którego zależy akomodacja. Wszystkie badania, które w celu

wyjaśnienia tej sprawy były przedsiębrane, doprowadziły do wniosku, że aparatem tym jest mięsień rzęskowy (*musculus ciliaris*) i że atropina poraża go współcześnie z mięśniem pierścieniowatym tęczówki.

Zależność akomodacyi od mięśnia rzęskowego zupełnie tłumaczy wspomniane wyżej zjawisko podmiotowe. Że podczas akomodacyi mamy do czynienia ze stanem czynnym osobnego mięśnia, prócz przytoczonych wyżej doświadczeń istnieje jeszcze cały szereg innych faktów, które mogą być w oku przedmiotowo obserwowane.

1) Obserwując oko nieco z boku, które raz jest ustawione na przedmiot daleki, drugi raz na bliski, możemy stwierdzić, że odpowiednio do ustawienia oka zmienia się stan źrenicy, mianowicie rozszerza się ona podczas patrzenia na przedmioty dalekie, zwęża, gdy oko akomoduje do przedmiotów bliskich. Doświadczenie to można bardzo łatwo wykonać na każdym oku prawidłowem, jednakże potrzeba zważać, ażeby przedmiot, do którego oko ma się akomodować, nie był zanadto oświetlone i ażeby uboczne światło nie działało na oko, ponieważ silne światło niezależnie od akomodacyi może zwężać źrenicę.

2) Brzeg wewnętrzny tęczówki i przednia powierzchnia soczewki podczas akomodacyi do bliskich przedmiotów posuwają się ku przodowi. Dla obserwacyi tego zjawiska musimy oko badać z boku. W tym celu ustalamy głowę badanej osoby za pomocą osobnej podstawki, zakrywamy jedno oko, za pomocą zaś drugiego każemy patrzeć na końce dwóch szpilek, które są ustawione na niejednakowej odległości od oka, lecz jedna przed drugą w linii prostej. Skoro się przekonywamy, że badana osoba może przez czas dłuższy stale oko utrzymywać w tem samem położeniu, przystępujemy do właściwego doświadczenia; stajemy z boku, oświetlamy oko i, poleciwszy akomodować do przedmiotu dalekiego, patrzymy na oko tak, żeby brzeg twardówki dokładnie odpowiadał wewnętrznemu brzegowi tęczówki i ażeby był widziany tylko sam brzeżek źrenicy. Nie zmieniając następnie położenia własnego oka, proponujemy badanej osobie na dany znak akomodować do przedmiotu bliższego, z chwilą, jak oko zaczyna akomodować, widzimy, że widzialny brzeżek źrenicy staje się znacznie większy, a brzeg tęczówki prawie całkowicie posuwa się ku przodowi.

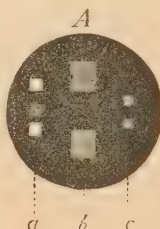
3) Obie powierzchnie soczewki, a szczególnie przednia, stają się więcej wypukłe i odległość ich od siebie staje się większą. Fakt ten możemy bardzo łatwo stwierdzić za pomocą tak zwanych obrazków Sanson-Purkiniego. Jeżeli przed okiem badanej osoby ustawimy dwie szpilki, jedną w punkcie najbliższym, drugą w odległości 1 m. od oka

i każemy patrzeć na przemian, to na dalszą, to na bliższą, następnie z boku po jednej stronie ustawimy świecę, z drugiej zaś patrzymy w ciemnej komorze pod tym samym kątem (45°) do linii, na której leży oko i obie szpilki, to ujrzymy wyraźnie 3 obrazki świecy (patrz rycinę 159) pierwszy prosty, znacznie pomniejszony bardzo wyraźny, drugi nieco większy, także prosty lecz znacznie mniej jasny i w końcu trzeci znacznie mniejszy, wyraźny lecz odwrócony. Zmieniając nieco położenie świecy, można się przekonać, że pierwszy obrazek powstaje wskutek odbicia się promieni światła od rogówki jako lustro wypukłego, drugi jest obrazkiem powstałym wskutek odbicia się promieni światła od przedniej powierzchni soczewki jako lustro wypukłego, trzeci zaś jest obrazkiem rzeczywistym, który powstaje wskutek działania tylnej powierzchni soczewki jako lustro wklęsłego. Otóż te trzy obrazki służą nam do wykazania wyżej wspomnianego zjawiska.

Rycina 159.



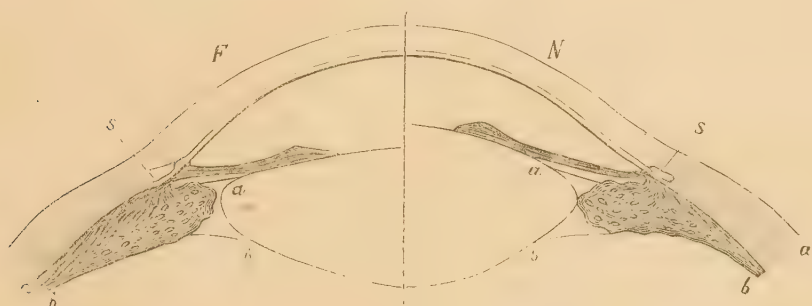
Rycina 160.



W tym jednak celu zamiast świecy, posługujemy się dwoma kwadratowymi otworkami w ekranie w odległości od siebie około kilku cm.; otworki te mają tę wyższość nad świecą, że są punktami, ograniczającymi długość pewnej linii; w takim razie ustawivszy z boku przed okiem ekran z otworkami oświetlonymi i polecivszy badanej osobie patrzeć na szpilkę dalszą, otrzymamy trzy pary świecących punktów kwadratowych (patrz rycinę 160 *A* i *B*) pierwsze dwa najjaśniejsze *a*, drugie nieco mniej jasne, natomiast znacznie większe i więcej od siebie oddalone *b* i trzecie najmniejsze i nieco jaśniejsze, niż drugie *c*. Jeżeli następnie badane oko polecimy zaakomodować do bliższej szpilki, to w tej chwili charakter obrazków się zmienia i ich wzajemna odległość od siebie staje się inną (patrz ryc. 160 *B*) mianowicie podczas gdy pierwsze dwa, odbite od rogówki, nie ulegają żadnej zmianie, ani co do swej odległości ani co do jasności i wielkości, dwa drugie *b* znacznie się zmniejszają i zbliżają się ku sobie, a dwa trzecie *c* także mogą się zbliżyć ku sobie. Stopień tych zmian może być wymierzony za pomocą

oftalmometru, następnie zaś możemy obliczyć i zmiany promieni tych krzywizn, od których obrazki się odbijają. Obliczenia takie wykazały, że zmiany w obrazkach odbitych od obu powierzchni soczewki zależą od zmiany promieni krzywizny tych powierzchni, mianowicie przednia powierzchnia soczewki podczas akomodacji staje się więcej wypukłą, t. j. jej promień krzywizny znacznie się zmniejsza, zaś promień krzywizny tylnej powierzchni prawie się nie zmienia, w każdym razie zmienia się znacznie mniej, niż promień przedniej powierzchni. Te zmiany promieni krzywizn soczewki są tak znaczne, że wystarczają zupełnie do zwiększenia siły załamującej oka o stopień, którego potrzebuje oko do otrzymywania obrazów na samej siatkówce, gdy akomodujemy do przedmiotów bliskich. Tę względną zmianę w grubości soczewki przedstawia rycina, w której strona F' przedstawia stan soczewki podczas akomodacji do dalszych przedmiotów, strona N , podczas akomodacji do bliższych.

Rycina 161.



4) Kramer pierwszy zauważył, że u dzieci można wprost widzieć, jak podczas akomodacji do przedmiotów bliskich obwodowa część tęczówki podaje się ku tyłowi. To samo zjawisko wykazał u osób starszych Helmholtz, oświetlając oko z boku.

5) U psów można wywołać wypuklenie przedniej powierzchni soczewki drażniąc *ganglion ciliare* prądem elektrycznym, przyczem można wykazać, że podczas drażnienia rzeczywiście kurczy się mięsień rzęskowy i że się rozluźnia *zonula Zinni*. To samo zjawisko możemy obserwować po wycięciu rogówki, a nawet po usunięciu tęczówki; ostatni fakt można stwierdzić także na ludziach, u których już Gräfe wykazał istnienie akomodacji, której towarzyszy wypuklanie się przedniej powierzchni soczewki; natomiast wiadomo, że zdolność akomodacji

znika po usunięciu soczewki. Donders i wielu innych okulistów stwierdzają, że po usunięciu katarakty, jakkolwiek pacyenci widzą stosunkowo dobrze za pomocą okularów, widzenie ich bez okularów jest zupełnie upośledzone z powodu braku akomodacji. W przypadkach tych jednakże powstają niekiedy akty, towarzyszące akomodacji, jak np. zwężenie źrenicy i zbieżność oczu. Oczywiście, że te czynności bynajmniej na akomodację nie wpływają, w każdym razie nie zmieniają zupełnie odległości siatkówki od soczewki.

6) Że akomodacja zależy wyłącznie od zmian siły załamywania w środowiskach oka, a w szczególności w soczewce, prócz przytoczonych wykazują jeszcze inne doświadczenia. Tak Bohr i Helmholtz stwierdzili, że podczas akomodacji punkt węzłowy przesuwają się ku przodowi; Hensen drażniąc bezpośrednio nerw oko-ruchowy lub mięsień rzęskowy, nie tylko wykazał skurcz tego mięśnia, lecz także, wbijając igłę przez twardówkę do soczewki, stwierdził, że podczas każdego skurczu mięśnia rzęskowego cała naczyniówka zostaje nieco pociągana ku przodowi, gdyż zewnętrzny koniec igły odchyłał się przytem ku tyłowi.

Wobec wszystkich przytoczonych faktów mechanizm akomodacji Helmholtz przedstawia sobie w sposób następujący:

Kształt soczewki w oku nie akomodującym nie odpowiada stanowi jej kompletnej równowagi, t. j. nie odpowiada równowadze jej własnych sił sprężystości, widzimy to wtedy, gdy soczewkę uwalniamy z jej torebki i otoczenia i pozostawiamy sobie; w takim razie staje się ona grubsza i więcej wypukłą; oczywiście więc, że w oku nie akomodującym soczewka musi być w ten sposób umocowana, że brzegi jej są rozciągane i skutkiem tego tak tylna, jak i przednia powierzchnia zostają nieco spłaszczone. Wiązadelkiem, które soczewkę w tym stanie utrzymuje, jest, jak wiadomo z anatomicznej budowy oka, *zonula Zinni*. Jeżeli w oku są dane warunki, które mogą zmniejszyć napięcie tego wiązadła, to soczewka, skutkiem swej sprężystości będzie naturalnie dążyła do przybrania kształtu, jaki ma, będąc wolną po wycięciu jej z oka. Warunki takie, według Helmholtza, istnieją rzeczywiście; widzieliśmy wyżej, że na zewnętrznej stronie kanału Schlemma znajduje się przyłączenie mięśnia rzęskowego, którego włókna mają w części przebieg promienisty, w części pierścieniowaty; widzieliśmy także, że wiązadelko Zinna pozostaje w organicznym związku z tkanką łączną tego mięśnia i stanowi dla niego jakby drugi punkt przyłączenia. Jeżeli zatem wyobrazimy sobie, że mięsień ten się kurczy, to oczywiście cała naczyniówka, a względnie jej *processus ciliares*, wskutek skurczu pro-

mienisto przebiegających włókien zostaje nieco zbliżoną do brzegów rogówki i wskutek tego odrazu się musi zmniejszyć napięcie wiązadełka Zinna. Do tego samego przyczyniają się także bardzo znacznie takie włókna współśrodkowe, przebiegające kolisto, które kurcząc się, zmniejszają średnicę tego koła i jeszcze więcej rozluźniają wiązadełko Zinna. To zmniejszenie napięcia wiązadełka Zinna zmniejsza natężenie torebki soczewki i pozwala soczewce na zmianę kształtu, do której ona dąży wskutek swej sprężystości.

Przytoczone tłumaczenie akomodacji Helmholtza zostało następnie stwierdzone eksperymentalnie przez Hensena i Volkera na oczach psów, kotów, małp i człowieka. Doświadczenia te nadto wykazały, że impulsy nerwowe, które kierują czynnością akomodacyjną oka, wychodzą z *ganglion ciliare*, mianowicie przez jego korzonki motoryczne, a więc oczywiście pochodzą z nerwu okoruchowego. Fakt ten został stwierdzony także przez liczne doświadczenia z zakresu patologii; wykazano bowiem, że każdorazowe uszkodzenie lub zniszczenie tego nerwu pociąga za sobą zniesienie akomodacji oka.

Nie brakło jednakże prób, mających na celu udowodnić, że teoria Helmholtza jest mylną. Z licznych usiłowań tego rodzaju, wspomnę o teorii Tscherninga i Schoena, którzy wbrew zapatrywaniom Helmholtza przyjmują, że mechanizm akomodacji polega na zwiększeniu napięcia Zonulae. Teorie te nie zyskały jednakże dotychczas prawa obywatelstwa, a to z powodu, że oprócz przytoczonych wyżej dowodów na korzyść teorii Helmholtza, a w szczególności Hensena i Volkera, przemawiają także doświadczenia Hessa z eseriną, która, powodując silny skurcz mięśnia rzęskowego, wywołuje zupełne rozluźnienie Zonulae w sposób niewątpliwy, przez autora stwierdzone. Również C. Hamburger, oznaczając ciśnienie w rozmaitych oddziałach oka, nie stwierdził przypuszczenia Schoena, jakoby ciśnienie w oku podczas akomodacji wzrastało. Ostatecznie więc za najbardziej prawdopodobną musimy uważać dotychczas teorię Helmholtza.

Zmiany promieni krzywizny soczewki podczas akomodacji mogą być dość znaczne, i tak z pomiarów Helmholtza podczas patrzenia na *punctum proximum* promień krzywizny przedniej powierzchni soczewki wynosi 8.6 mm., podczas ustawienia na *punctum remotum* 11.9 mm., w innym zaś oku w pierwszym wypadku wynosił 5.9 mm., w drugim 8.8 mm.

Jakkolwiek, przenosząc oko z przedmiotu bliskiego na daleki i odwrotnie, wydaje nam się, że oko nasze odrazu się przystosowuje do

danej odległości, to jednak bliższe badania w tym względzie wykazały, że czas stosowania się oka jest dość znaczny: i tak Vierordt podaje, że przenosząc oko z przedmiotu znajdującego się w odległości 18 m. na przedmiot będący w odległości 10 cm., potrzeba do zupełnego przystosowania się oka 1.18 sekundy; przeniesienie oka w odwrotnym kierunku wymaga mniejszego czasu, mianowicie 0.87 sekundy. Różnica w doświadczeniach innych autorów była jeszcze większą.

Jeżeli ta zmiana w przystosowaniu się oka odbywa się stosunkowo szybko, to, jak to wykazał Czermak, nagła zmiana w natężeniu wiązadelka Zinna, a względnie naczyńiówki, może się stać przyczyną mechanicznego podrażnienia siatkówki, które pociąga za sobą tak zwane fosfeny akomodacyjne. Zjawisko to polega na tem, że u niektórych osób przy nagłym zaprzestaniu patrzenia na blizki przedmiot w ciemności powstaje jasne koło, przebiegające w zakresie mniej więcej dolnego brzegu widzenia. Z tego wnosić możemy, że zjawisko to zależy od podrażnienia elementów siatkówki, rozłożonych mniej więcej w okolicy *orae serratae retinae*. Może ono także powstawać i podczas szybkiej akomodacji do blizkich przedmiotów w ciemności, podczas czego naprężenie naczyńiówki prawdopodobnie może pociągać za sobą nawet uszkodzenie elementów nerwowych siatkówki, która w okolicy *orae serratae* łączy się z naczyńiówką.

Zauważyliśmy już wyżej, że punkt najdalszy i najbliższy w rozmaitych oczach może leżeć na rozmaitej odległości, pomimo to dla każdego oka możemy oznaczyć jego siłę akomodacyjną, wyrażając ją za pomocą siły łamiącej wypukłej soczewki. Ażeby mieć ogniskową odległość takiej soczewki, potrzeba podług Dondersa od siły soczewki, któraby mogła zastąpić oko podczas akomodacji do *punctum proximum* odjąć siłę soczewki, któraby mogła zastąpić oko, gdy patrzymy w *punctum remotum*, czyli

$$\frac{1}{P} - \frac{1}{R} = \frac{1}{A} \text{ w ten sposób znajdujemy siłę so-}$$

czewki, któraby mogła zastąpić akomodację, t. j. ustawivszy taką soczewkę przed okiem, moglibyśmy bez akomodacji widzieć wyraźnie przedmiot, leżący w *punctum proximum*, tak jak gdyby on się znajdował w *punctum remotum*.

Siłę soczewki wyrażamy albo ułamkiem, w którym licznik = 1, mianownik zaś = ogniskowej odległości, albo za pomocą dioptryi. Za jedną dioptryę uważamy soczewkę, której ogniskowa odległość = 1 m., 2 razy silniejsza soczewka, t. j. mająca ogniskową odległość $\frac{1}{2}$ metra

$= 2$ dioptryom, 3 razy $= 3$ dioptr. i t. d., soczewka więc, której siła łamiąca równa się n dioptryi, ma ogniskową odległość $\frac{1}{n}$ metra.

Akomodacja obuoczna.

Wskutek wspomnianej wyżej zależności akomodacji od konwergencyi musimy odróżnić akomodacją jednego oka od akomodacji obu ocz razem. Pierwszy rodzaj akomodacji nazwał Donders bezwzględną. Jest to ten stopień akomodacji, który możemy osiągnąć, patrząc na przedmiot jednym tylko okiem przy możliwem sprowadzeniu oka ku środkowej płaszczyźnie; badania w jednym przypadku dla oka prawidłowego w 15 roku życia wykazały, że rozmiar akomodacji $\left(\frac{1}{P} - \frac{1}{R} \right)$ wynosił 10 dioptryi ($\frac{1}{3.69}$ paryzkich cali).

Drugi przypadek akomodacji mamy wtedy, gdy patrzymy na przedmiot oboma oczami; w takim razie zbieżność oczu może być tylko taka, jakiej potrzeba dla otrzymania jasnego obrazu na żółtych plamkach obu siatkówek; siłę akomodacyjną w tym przypadku dla tej samej osoby Donders znalazł równą tylko 9.5 dioptryj ($\frac{1}{3.9}$ par. cal.).

Możemy jeszcze odróżniać tak zwaną akomodację względną, t. j. przystosowaną do pewnej danej zbieżności oczu; szerokość akomodacji względnej, gdy osie widzenia są równoległe, wynosi 3.7 D. ($\frac{1}{11}$), dochodzi do maximum, gdy one tworzą kąt $11^{\circ} 6.4$ D. ($\frac{1}{5.76}$); pozostaje następnie, w miarę wzrostu zbieżności, prawie tą samą, tak np. gdy osie tworzą kąt 23° równa się 5.8 D. ($\frac{1}{6.4}$) potem się zmniejsza, aż wreszcie przy zbieżności $= 73^{\circ}$, która odpowiada najbliższemu punktowi widzenia wynosi 0, t. j. żadnej akomodacji nie ma. Fakt ten jest ważny z tego względu, że wskazuje, iż przy oznaczaniu akomodacji lub wogóle refrakcyjnych własności oka trzeba mieć zawsze na względzie stopień zbieżności oczu.

Szerokość akomodacji u jednej i tej samej osoby nie jest stałą, zmniejsza się bowiem z wiekiem; i tak, podczas gdy w 10 roku życia może wynosić około 13.5 dyoptryj, w 65 staje się prawie równą 0. Okres, w którym akomodacja się zmniejsza, nazwał Donders okresem *presbyopii*. Równocześnie ze zmniejszaniem się akomodacji z wiekiem odsuwa się także od oka nieco punkt daleki tak, iż w ogóle z wiekiem zmienia się refrakcyja oka. Oczywiście, że równoległe ze zmniejszaniem się akomodacji odsuwa się także punkt najbliższy, i z chwilą, gdy ako-

modacya znika, punkt najbliższy i najdalszy znajdują się w jednym miejscu. Wskutek tego patrzenie na przedmioty bliskie z wiekiem staje się coraz więcej utrudnionem, ten brak akomodacyi trzeba już stale uzupełniać za pomocą szkieł wypukłych.

Ruchy źrenicy. Akomodacyi, jak wspomnieliśmy wyżej, towarzyszy zwykle zmiana w stanie źrenicy. Jako regułę można przyjąć, że w ogóle zwężenie źrenicy występuje podczas akomodacyi do przedmiotów bliskich, rozszerzenie zaś podczas ustawienia oka do przedmiotów dalekich. Jednakże Donders wykazał, że zwężenie źrenicy podczas akomodacyi do bliskich przedmiotów nie występuje zupełnie współcześnie z samym aktem akomodacyi, lecz nieco później. Te zmiany w źrenicy podczas akomodacyi możnaby uważać na pierwszy rzut oka za zjawisko, mające pewne znaczenie doniosłe, gdyż możnaby przypuszczać, że o ile wskutek przybliżenia przedmiotów więcej światła mogło wpadać do oka, o tyle wskutek zwężenia źrenicy ilość ta zostałaby zmniejszoną tak, iż mogłaby nastąpić pewnego rodzaju kompensacya w oświetleniu obrazów od przedmiotów, znajdujących się na rozmaitych odległościach; w rzeczywistości jednak nic podobnego nie istnieje. Jeżeli uwzględnimy odległość przedmiotów i porównamy oświetlenie obrazów na siatkówce dla rozmaitych odległości przedmiotu, biorąc pod uwagę średnicę źrenicy, znajdziemy, że jasność obrazu na siatkówce znacznie więcej się zmniejsza wskutek zwężenia źrenicy, niż wzrasta wskutek przybliżenia przedmiotu.

Zwężenie źrenicy występuje jednakże nie tylko podczas akomodacyi, lecz także wskutek innych przyczyn, a w szczególności wskutek podrażnienia siatkówki światłem; w tym przypadku zwężenie rzeczywiście jest tem większe, im więcej światła do oka się dostaje; nadto silniej drażni siatkówkę światło, wpadające wprost w kierunku osi optycznej do oka, względnie w osi widzenia, niż światło, padające do oka z boku. W tych przypadkach zwężenie źrenicy występuje zwykle na obu oczach i prawie w jednakowym stopniu.

To mniejsze lub większe zwężenie źrenicy zależy oczywiście od mniejszego lub większego rozszerzenia tęczówki, co znowu zależy od wpływów nerwowych, które do tęczówki dochodzą. Włóky te dostają się z mózgu do oka dwiema drogami; jedną z nich dochodzi impuls, wywołujący zwężenie źrenicy, który zatem działa na mięsień zwany *zwieraczem źrenicy* i przebiega przez nerw okoruchowy, drugą impuls działający na układ mięśni promienistych, który jak od dawna już wiadomo, przebiega przez nerw sympatyczny na szyi; włókna tego osta-

tniego nerwu nie wszystkie przebiegają przez *ganglion ciliare*, gdyż, jak to wykazał Hensen i Völkers nawet po wycięciu tego zwoju wpływ jego pozostaje.

Impulsy zwężające źrenicę, zdaniem Helmholtza, biorą początek w tylnej części trzeciej komory mózgu; jeżeli bowiem drażnimy tę okolicę bezpośrednio prądem elektrycznym, to najpierw wywołujemy akt akomodacyi, a następnie zwężenie źrenicy; drażnieniem dalszych części, już w okolicy przejścia komory trzeciej do *aqueductus Sylvii*, wywołujemy skurcz mięśni prostych wewnętrznych oka. Tem się też tłumaczy prawdopodobnie i ten fakt, że akomodacyi obuocznnej do blizkich przedmiotów towarzyszy zawsze mniejsza lub większa zbieżność oczu i akty te są tak ściśle ze sobą zespolone, że wpływają na siebie nawzajem. Rozszerzenie i zwężenie źrenicy zależy zatem od dwóch nerwów; działanie impulsów przez te nerwy przechodzących jest antagonistyczne, gdyż jeżeli usuniemy wpływ jednego nerwu, występuje działanie drugiego; i tak, jeżeli przetniemy nerw sympatyczny, to wskutek działania pozostałego nerwu okoruchowego występuje zwężenie źrenicy i odwrotnie, po przecięciu nerwu okoruchowego powstaje rozszerzenie źrenicy. Jeżeli zaś przetniemy oba nerwy, to źrenica zachowuje mniej więcej pośrednie położenie. Jeżeli po przecięciu obu nerwów drażnimy nerw okoruchowy, to otrzymujemy zwężenie źrenicy, drażniąc zaś nerw sympatyczny, otrzymujemy rozszerzenie źrenicy; drażniąc natomiast współcześnie oba nerwy, otrzymujemy z początku wpływ nerwu sympatycznego, który stopniowo ustępuje miejsca wpływowi nerwu okoruchowego tak, iż początkowe rozszerzenie przechodzi następnie w zwężenie. Te zmiany w szerokości źrenicy zależą oczywiście od zmian w tęczęwce, które możemy obserwować albo wprost okiem, albo fotografować je za pomocą osobnego przyrządu (Bielarminow), przyczem podczas drażnienia sztucznego prądem elektrycznym możemy obliczyć nawet okres utajonego podrażnienia, który, jak wykazały doświadczenia, wynosi przy tym sposobie badania około 0.4 sekundy; charakter krzywej skurczu podczas zwężenia, jak również i rozszerzenia jest analogiczny.

Antagonizm nerwu okoruchowego i sympatycznego może być także wykazany za pomocą środków, z których jedne porażają zakończenia nerwu okoruchowego w tęczęwce, drugie zakończenia nerwu sympatycznego. Pierwsze więc, znosząc akomodację, wywołują stałe rozszerzenie źrenicy, drugie zwężenie. Jako przykład pierwszych może służyć wspomniana już wyżej atropina, która nie tylko wprowadzona do krwi,

lecz także wpuszczona bezpośrednio do oka poraża zakończenia nerwu okoruchowego, jako przykład drugich służą: fizostygmina i eseryna.

Refrakcja.

Różnice, jakie spotykamy w sile łamiącej środowisk ocznych bez względu na akomodację, to jest podczas patrzenia na przedmioty, leżące w *punctum remotum* pozwala nam podzielić oczy na trzy kategorie. Oczy, w których równoległe promienie t. j. od przedmiotów dalekich bez akomodacji dają obraz na siatkówce, przyjęto uważać za prawidłowe i nazwano je oczami miarowymi (emmetropicznymi).

W rzeczywistości oczy miarowe spotykamy bardzo rzadko, natomiast znajdujemy przeważnie takie, w których promienie równoległe nie dają obrazu na siatkówce. Uwzględniając miejsce, gdzie powstaje obraz w tych ostatnich, możemy je podzielić na dwie kategorie: Do pierwszej zaliczamy oczy, w których obraz powstaje przed siatkówką, kategorię tę nazywamy oczami krótkowidzącymi czyli *niedomiarowymi* (*myopia*), do drugiej takie, w których obraz powstaje poza siatkówką, tę kategorię nazywamy oczami *nadmiarowymi* (*hypermetropia*).

Dla wywołania obrazu w oczach pierwszej kategorii na siatkówce, potrzeba, aby promienie, wchodzące do oka, były mniej lub więcej rozbieżne, przeciwnie w oczach drugiej kategorii na siatkówce dają wyraźny obraz tylko promienie mniej lub więcej zbieżne.

Oczy tych dwóch kategorii nazwano oczami nieprawidłowymi czyli ametropicznymi lub oczami o nieprawidłowej refrakcji. Stopień tej nieprawidłowości możemy tak samo oznaczyć, jak wyżej oznaczyliśmy stopień akomodacji za pomocą siły soczewek, które zdolne są oczy ametropiczne zmienić na emmetropiczne. W tym celu, mając oko niedomiarowe czyli krótkowidzące, t. j. takie, w którym promienie równoległe dają obraz przed siatkówką, które zatem potrzebuje do utworzenia obrazu na siatkówce promieni rozbieżnych, oznaczamy dla niego najdalszy punkt widzenia; niech odległość tego punktu będzie l . Promienie więc wychodzące rozbieżnie z punktu świecącego lub przedmiotu, który się znajduje w tej odległości, mogą dać obraz na siatkówce. Chcąc takie oko zmienić na miarowe, t. j. na takie, w którym obraz rzeczywisty powstaje na siatkówce nawet od przedmiotów, znajdujących się w odległości nieskończonej, musimy użyć soczewki wklęsłej (rozpraszającej), której ogniskowa odległość równałaby się także l . Oczywiście, że promienie równoległe, idące od przedmiotów dalekich, po przejściu przez

tę soczewkę będą miały taki kierunek, jak gdyby wychodziły z głównego ogniska tej soczewki, które leży w odległości l od oka, a takie promienie oko potrafi zebrać na samej siatkówce, i w ten sposób powstanie wyraźny obraz przedmiotu, znajdującego się w odległości nieskończonej.

Siła łamiąca tej soczewki daje nam miarę nieprawidłowości oka, którą wyrażamy także ułamkiem $\frac{1}{l}$.

Tak samo możemy oznaczyć nieprawidłowość oka nadmiarowego, które zdolne jest zebrać na siatkówce tylko promienie, idące do oka zbieżnie. W rzeczywistości takich promieni w naturze nie mamy, wskutek czego oko nadmiarowe nie może widzieć bez udziału akomodacji żadnego przedmiotu wyraźnie. Jednak tę mniejszą lub większą zbieżność promieni możemy wywołać przez użycie soczewki wypukłej, która promieniom idącym do oka nadaje taki kierunek, jaki one powinny mieć, aby utworzyć obraz na siatkówce danego oka. Soczewka taka jest zarazem miarą nieprawidłowości badanego oka. Punkt najdalszy dla takiego oka leży oczywiście dalej, niż w odległości nieskończenie wielkiej, wskutek czego jego położenie oznaczamy znakiem ∞ , ponieważ on leży właściwie z tyłu oka.

Zdolność akomodacyjna i szerokość akomodacji tych wszystkich kategorii oczu, może być jednakże zupełnie tą samą, ponieważ przyczyna różnicy oczu pod względem refrakcyi zależy głównie od położenia siatkówki względem soczewki, nie zaś od zmian w łamiących środowiskach oka. I tak oczy krótkowidzące zwykle mają odległość tylnej powierzchni soczewki od siatkówki znacznie dłuższą, niż oczy miarowe, oczy dalekowidzące mają odległość tę znacznie mniejszą, a wskutek tego oczy krótkowidzące mają wymiar od przodu ku tyłowi dłuższy, oczy zaś daleko widzące krótszy, niż oczy miarowe. I rzeczywiście, co do siły akomodacyjnej możemy przytoczyć następujący przykład: Przypuśćmy, że siła akomodacji w oku prawidłowem wynosi 6 dioptryj, czyli że równa się soczewce o $\frac{1}{6}$ m. ogniskowej odległości. Taką samą siłę akomodacji może mieć oko myopa, w którym stopień myopii wynosi 6 dioptryj, a które podczas akomodacji może załamywać promienie z siłą soczewki o 12 dioptryach. W takim przypadku oczywiście siła akomodacji wynosi 6 dioptryj. Zupełnie tak samo oko dalekowidzące — którego hypermetropia wynosi -3 dioptr., może podczas akomodacji mieć siłę łamiącą $+3$ dioptr., wskutek czego różnica między stanem pierwszym, a stanem podczas akomodacji również wynosi 6 dioptr.

Refrakcję oka, jak zauważyliśmy wyżej, możemy poprawić za pomocą odpowiednich soczewek. Jeżeli poprawa jest zupełna, t. j. jeżeli dodane soczewki zmieniają tak równoległe promienie, że one trafiają do oka w kierunku takim, jak gdyby wychodziły z dalekiego punktu widzenia tych oczu, to w zdrowych oczach myopa lub hypermetropa kąt widzenia musi być taki sam, jaki mamy w oczach prawidłowych i oko zaopatrzone w odpowiednie szkła powinno widzieć tak samo dobrze przedmioty dalekie, jak oko prawidłowe. Jeżeli po wprowadzeniu poprawek w refrakcyi oka, oko hypermetropa lub myopa pomimo tego ma kąt widzenia większy, niż oko prawidłowe, to fakt ten świadczy, że wrażliwość samej siatkówki czyli bystrość wzroku, jest także osłabioną.

Niezborność czyli astygmatyzm. We wszystkich dotychczasowych naszych badaniach krzywych powierzchni, ograniczających środowiska łamiące oka, wychodziliśmy z założenia, że one są prawidłowymi odcinkami sfer i że tworzą układ scentrowany, t. j. że środki wszystkich krzywizn leżą na jednej linii prostej, zwanej osią optyczną układu. Jednakże pomiary już przedniej powierzchni rogówki wykazały, że ona nie stanowi dokładnego odcinka kuli, lecz przeciwnie w przekroju południkowym przedstawia raczej odcinek elipsy, niż łuk koła. Ten kształt rogówki jeszcze nie wpływa ujemnie na zmianę kształtu obrazów otrzymanywanych na siatkówce, przeciwnie nawet do pewnego stopnia wpływ jej jest dodatni.

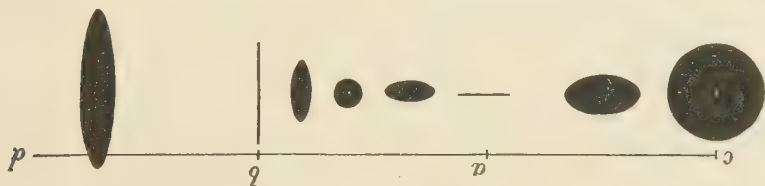
Prócz tego zboczenia w kształcie rogówki można wykazać, że środki innych krzywizn nie leżą na jednej prostej linii, lecz nieco od niej zbacniają, wskutek czego musi powstać pewna niesymetryczność w obrazach przedmiotów zupełnie symetrycznych. Na tę niesymetryczność szczególnie dużo wpływa ta okoliczność, że krzywizny południków rogówki nie są jednakowe, o czym bardzo łatwo można się przekonać, obserwując obrazy odbite od rogówki za pomocą oftalmometru. W oczach prawidłowych można nawet wykazać pewne prawo, mianowicie, że w każdym oku południki o największej i najmniejszej krzywiznie są do siebie prawie prostopadłe, jakkolwiek przechodząc od jednego południka do drugiego, nie spostrzegamy tej prawidłowości, którejby się można było spodziewać.

Wskutek tej własności nawet w oku miarowem snop równoległych promieni po przejściu przez oko nie może się zebrać w jednym punkcie, lecz przeciwnie tworzy właściwie cały szereg ognisk, w których się przecinają promienie, przechodzące przez południki o jednakowym promieniu; najprzód tedy przecinają się promienie, przechodzące

w południku, którego promień krzywizny jest najmniejszy, a najdalej promienie, przechodzące w południku krzywizny o największym promieniu; w środku pomiędzy temi skrajnymi ogniskami utworzą się oczywiście ogniska tych promieni, które przechodziły przez krzywizny o pośrednich promieniach.

Tę własność oka nazywamy *niezbornością* (*astygmatyzmem*). Ponieważ skrajne promienie, przecinając się, tworzą linię, wskutek tego pierwsze ognisko nazywamy przednią ogniskową linią, drugie tylną ogniskową linią (patrz rycinę). Pierwsza ogniskowa linia przebiega prostopadle do płaszczyzny południka najmniejszej krzywizny. Pomiedzy temi dwoma ogniskami promienie przedstawiają nieprzerwane pasmo ognisk, jednak nie tworzą żadnego większego ogniska; przestrzeń, na której się promienie krzyżują pomiędzy przednim a tylnym ogniskiem nazywa się

Rycina 162.



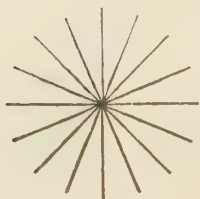
ogniskową przestrzenią. Kształt tej przestrzeni zmienia się: idąc od przedniej ogniskowej linii ku tyłowi, ma ona w przekroju kształt elipsy, której oś długa jest prostopadłą do płaszczyzny południka najmniejszej krzywizny, następnie w miarę posuwania się ku środkowi ogniskowej przestrzeni coraz więcej zbliża się do przekroju koła i w samym środku ma rzeczywiście kształt koła, następnie znowu przybiera kształt elipsy, której oś długa jest prostopadłą do płaszczyzny południka największej krzywizny. W miarę odsuwania się od środka, oś mała tej elipsy coraz bardziej się zmniejsza i w tylnej części linii ogniskowej równa się 0, tak, iż otrzymujemy tylko ogniskową linię.

Jeżeli możemy wykazać, że południki dwóch, nie bardzo różniących się krzywizn są do siebie prostopadłe, w takim razie nazywamy *niezborność prawidłową*; jeżeli zaś, jak to bardzo często bywa, wskutek pewnych przyczyn, bądź podczas rozwoju oka, bądź też już w oku rozwiniętym, położenie tych płaszczyzn jest inne lub wogóle żadnej prawidłowości wykazać w nich nie możemy, w takim razie *niezborność* nazywamy *nieprawidłową*. O istnieniu *niezborności* w każdym oku mo-

żemy się przekonać w rozmaity sposób. Najprościej, jeżeli z jednego punktu (rycina 163) wykreślimy szereg promieni; w takim razie patrząc w punkt środkowy i starając się widzieć jeden z promieni wyraźnie, przekonamy się, że inne promienie widzimy niewyraźnie i to tem mniej wyraźnie, im one dalej leżą od płaszczyzny promienia widzianego wyraźnie. Pochodzi to ztąd, że niezborność występuje nietylko w oku, które nie akomoduje, lecz także i podczas akomodacji, w czasie której refrakcja oka zwiększa się jednakowo w obu południkach, jeżeli więc istniała pewna różnica w pierwotnej refrakcji, to różnica ta pozostać musi i podczas akomodacji.

Niezborność możemy wyrażać jeszcze w inny sposób, a mianowicie, biorąc dwie nitki krzyżujące się z sobą pod kątem prostym; jed-

Rycina 163.



dną pionową, drugą poziomą. Patrząc na te dwie nitki z pewnej odległości, nie możemy ich widzieć wyraźnie naraz; ażeby je zobaczyć wyraźnie, musimy jedną z nich, zwykle pionową, ustawić nieco dalej od oka, niż poziomą, i tak Fick znalazł, że odległość tych nitek dla jego oka wynosi: pionowej 4.6 m., poziomej 3 m. od oka; u Helmholtza odległość ta dla nitki pionowej wynosiła 0.65 m., dla poziomej 0.54 m. od oka.

Stopień niezborności w każdym oku można oznaczyć na tej samej zasadzie, na której oznaczyliśmy stopień akomodacji. Oko niezborne, jak zauważyliśmy wyżej, nie jednakowo załamuje promienie, znajdujące się w rozmaitych południkach; jeżeli więc oznaczmy najdalszy i najbliższy punkt widzenia w rozmaitych południkach przy jednym i tym samym stopniu akomodacji i wyrazimy to w paryzkich calach, np. najdalszy w odległości L , najbliższy w odległości l , to stopień niezborności

równa się $\frac{1}{l} - \frac{1}{L}$. Dopóki $\frac{1}{l} - \frac{1}{L} = \frac{1}{40}$ niezborność nie sprawia

jeszcze żadnych widocznych przeszkód w wyraźnem widzeniu, z chwilą jednakże, gdy ta różnica staje się większą, coraz trudniej widzimy przedmioty wyraźnie, a w końcu widzenie staje się zupełnie niemożliwym bez osobnej korekcy za pomocą szkła cylindrycznych, które, podobnie jak soczewki, mogą być wypukłe lub wklęsłe. Jeżeli mamy taką cylindryczną soczewkę wypukłą, to ona musi być ustawiona tak, aby jej oś była równoległa do kierunku linii najdalszej, którą oko widzi

wyraźnie: jeżeli zaś jest wklęsła, to kierunek osi soczewki musi być do najdalszej linii prostopadły.

Odpowiednio zastosowane soczewki cylindryczne są także jednym z najlepszych sposobów do badania stopnia niezborności i nimi też zwykle okuliści w tym celu się posługują; do tego samego celu zresztą służą liczne inne przyrządy, mniej lub więcej skomplikowane, w których bądź za pomocą zwykłych soczewek przy użyciu szparki, bądź za pomocą dwóch cylindrycznych soczewek o osiach dających się ustawiać w rozmaitych kierunkach do siebie, oznacza się stopień niezborności.

Aberacya chromatyczna. Mówiąc o rozmaitych współczynnikach załamania w przezroczystych środowiskach oka, przyjmowaliśmy pewien współczynnik jako stałą własność danego środowiska i we wszystkich naszych obliczeniach ten tylko współczynnik uwzględnialiśmy. Ściśle rzecz biorąc, taki jeden współczynnik dla białego światła, z którym zwykle mamy do czynienia (światło dzienne lub lampy, świecy i t. p.) nie istnieje, gdyż, jak wiadomo, światło białe składa się z promieni, posiadających rozmaitą szybkość drgań fal eteru, od której zależy współczynnik załamania. Promienie o rozmaitej szybkości drgań działają także niejednakowo na nerwowe elementy oka i zależnie od długości fali wywołują wrażenie zwane barwami. W skutek tej własności musielibyśmy w gruncie rzeczy przyjąć dla oka tyle współczynników załamania, ile rozmaitych promieni, co do ilości drgań. dane światło zawiera, lub wybrać jeden promień o pewnej średniej ilości drgań i wszystkie obliczenia i doświadczenia nad okiem wykonywać względem tego promienia.

W skutek tej różnicy we współczynnikach załamania rozmaitych promieni światła także i ogniskowe odległości dla promieni równoległych o różnej ilości drgań nie mogą być jednakowe. W oku, jak w każdym pryzmacie, każdy promień białego światła po przejściu przez środowiska łamiące, (rogówkę. *humor aquaeus*, soczewkę) wchodzi do ciała szklanego rozszczepiony na promienie barwne; najwięcej się załamują promienie, które posiadają największą ilość drgań, a które wywołują u nas wrażenie barwy fioletowej; najmniej zaś te, których fale drgań są najdłuższe czyli szybkość najmniejsza; te wywołują wrażenie barwy czerwonej. Pomiedzy tymi promieniami będą się zawierały wszystkie inne promienie, wywołujące u nas wrażenie barw tęczy. Oczywiście, że wskutek tego najbliżej soczewki będzie leżało ognisko dla promieni fioletowych, najdalej ognisko dla promieni czerwonych, między nimi zaś punkta ogniskowe innych barw tęczowych. Jeżeli więc w oku miaro-

wem, nie akomodującym, promienie o 450 bilionach drgań na sekundę, t. j. promienie wywołujące wrażenie barwy czerwonej, zostaną zebrane na siatkówce, to wszystkie inne o większej ilości drgań aż do 750 bilionów drgań na sekundę (promienie fioletowe) będą miały ogniska przed siatkówką i utworzą na siatkówce tylko mniej lub więcej rozległe kręgi rozpiezchłe.

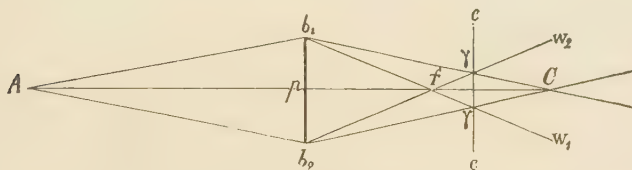
Że rzeczywiście główne ogniskowe odległości dla rozmaitych barw są różne, możemy bardzo łatwo się przekonać, posługując się szklami zabarwionemi, przepuszczającemi promienie pewnej tylko barwy i oznaczając dokładnie odległość, z której pewien przedmiot może być wyraźnie widziany w danem zabarwieniu; tak Frauenhofer wykazał, że jeżeli w oku powstaje obraz jakiegoś przedmiotu w świetle czerwonym z odległości nieskończenie wielkiej, to do otrzymania wyraźnego obrazu w świetle fioletowem, potrzeba przedmiot zbliżyć do oka aż do odległości 24 cali, to samo znaleźli Helmholtz i Matthiessen, jakkolwiek różnice w odległościach punktu dalekiego widzenia zmieniały się w ich doświadczeniach nieco mniej, niż podaje Frauenhofer.

Na podstawie teoretycznego badania tej kwestyi i z przytoczonych wyżej doświadczeń możnaby przypuszczać, że oko nie może dać w ogóle jasnych białych obrazów od przedmiotów oświetlonych światłem mieszanem. Jednakże rzeczywistość temu zaprzecza; na każdym kroku sami się przekonywamy, że przy dostatecznem oświetleniu możemy widzieć bardzo wyraźnie rozmaite przedmioty w świetle białem, a więc prawdopodobnie otrzymujemy na siatkówce zupełnie wyraźne obrazy, których zabarwienie bynajmniej nie świadczy o rozkładzie w oku światła na promienie barwne. Przyczyna tego zjawiska polega głównie na tem, że chociaż (rycina 164), jak to z badań Helmholtza wynika, odległość ogniska promieni fioletowych od ogniska czerwonych może wynosić na linii widzenia około 0.434 mm. ($f-C$) to jednakże kręgi rozproszenia na siatkówce są bardzo małe, z powodu, że środowiska oka, podobnie jak woda, bardzo słabo rozkładają promienie białe na barwne, a nadto jak przypuszcza Helmholtz, podczas akomodacyi elementy wrażliwe siatkówki znajdują się w chwili dokładnego ustawienia oka w środku, pomiędzy ogniskiem promieni czerwonych a fioletowych, t. j. w miejscu, w którym promienie wszystkich barw mogą się z sobą mieszać, jak to widzimy na rycinie 164 tak, że ten mały krąg rozproszenia ($\gamma\gamma$), powstający w tem miejscu, nie daje wrażenia rozproszenia, lecz przeciwnie wywołuje wrażenie światła białego.

Że obraz rzeczywiście w ten sposób na siatkówce się układa, można przytoczyć jako dowód następujące doświadczenie. Jeżeli przyjmujemy, że średnica źrenicy jest b_1b_2 , zaś linia Ap jest oś widzenia i ustawimy nieprzezroczystą kartę lub ekran tak, aby wszystkie dolne promienie np. pb_2 zostały zatrzymane, przeszły zaś do oka tylko promienie w części źrenicy pb_1 , to promienie te, rozszczepiając się, utworzą snop promieni czerwonych w b_1C i fioletowych w b_2w_1 . Wskutek odnoszenia wrażeń na zewnątrz przez punkty węzłowe, otrzymujemy punkt A , z dołu z odcieniem czerwonym, z góry z odcieniem fioletowym lub błękitnym. Ustawiając następnie ekran z góry źrenicy otrzymujemy zabarwienie odwrotne.

Wszystkie te zjawiska aberacji chromatycznej występują subiektywnie daleko wybitniej, jeżeli zamiast białego światła używamy świa-

Rycina 164.



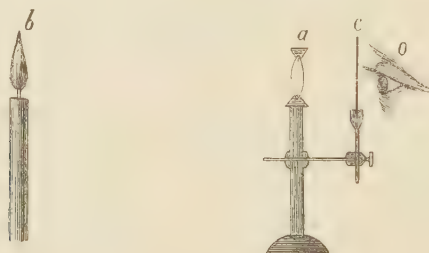
tła, złożonego tylko z dwóch krańcowych barw, jak np. światła słonecznego lub lampy, przepuszczonego przez szkło kobaltowe; światło takie zawiera przeważnie tylko promienie czerwone i błękitne, a bardzo mało promieni o środkowej łamliwości. Używając takiego światła już nawet bez przykrycia źrenicy, widzimy każdy punkt świecący otoczony obwódką błękitną lub różową, stosownie do tego, czy akomodujemy do promieni błękitnych, czy też do czerwonych.

Zjawiska entoptyczne.

Prócz powyższych niedokładności, które oko do pewnego stopnia dzieli z każdym przyrządem optycznym, sama budowa rozmaitych środowisk oka jest jeszcze źródłem szeregu innych niedokładności. Wdzieliśmy na wstępie, że rozmaite środowiska oka złożone są z osobnych elementów, komórek i włókien, pomiędzy którymi znajduje się ciecz, mogąca zawierać składniki morfologiczne. W skutek tej budowy przezroczystość rozmaitych środowisk oka, jakoteż ich współczynniki załamania nie mogą oczywiście, ściśle rzecz biorąc, być jednakowe, a jako

dowód, można przytoczyć każdemu znany fakt, że pomimo przezroczystości rogówki i soczewki, przy rzuceniu na nie światła z boku, widzimy, że one są oświetlone białawo, fakt ten oczywiście jest następstwem odbijania się całej masy promieni rozproszonych od tych środowisk, właściwie od rozmaitych ich warstw, i to jest przyczyną, z powodu której widzimy je jako ciała białawe. W tym razie niewątpliwie, kiedy w oku powstaje obraz jakiegoś przedmiotu, promienie, przechodzące przez rozmaite okolice przezroczystych środowisk oka mają niejednakowe natężenie; jednakże nie widzimy tej różnicy wskutek tego że one się zwykle zbierają w jednym punkcie, w którym tworzą wyraźny obraz przedmiotu. Tylko w tym przypadku, kiedy promienie przechodzą przez ciało szklane równoległe, t. j. wychodzą z pierwszego ogniska, może wystąpić ta niejednostajność oświetlenia i wywołać mniej lub więcej wyraźne wrażenie cieniów. Doświadczenie w tym celu musi być wykonane w sposób przedstawiony na rycinie 165.

Rycina 165.

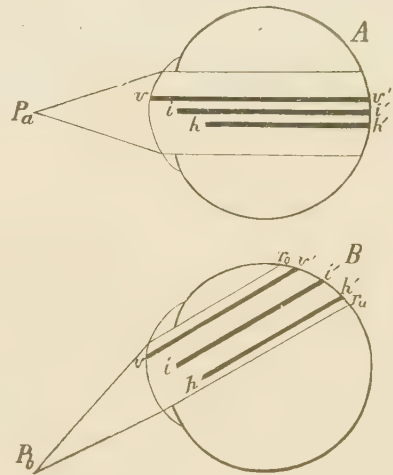


W pewnej odległości od soczewki *a* ustawiamy źródło światła np. świecę lub lampę tak, ażeby obraz tego światła padał na mały otworek w ekranie *c*, sam zaś ekran, względnie jego otworek, będący w danym razie źródłem światła, ustawiamy w odległości przedniego ogniska od rogówki oka, które, o ile można, nie powinno akomodować. Przy takim oświetleniu oka powstają w nim mniej lub więcej wyraźne cienie, pochodzące od przedmiotów, które znajdują się bądź w samej rogówce, bądź na jej powierzchni, bądź w soczewce, bądź w końcu w ciałku szklanym. Cienie te nie są bardzo wyraźne, jednakże do pewnego stopnia odpowiadają kształtom przedmiotów, zawartych w tych środowiskach. Wielkość ich zmienia się zależnie od położenia źródła światła: zbliżając oko do ekranu zauważymy, że one się zwiększają — i odwrotnie, odsuwając, spostrzeżemy, że one się zmniejszają, jeżeli za

normalną wielkość przyjmujemy tę, którą one posiadają przy ustawieniu ekranu w ogniskowej odległości. Ponieważ za źródło światła służy w każdym razie nie matematyczny punkt, lecz cała płaszczyzna, więc wskutek tego zawsze otrzymujemy większe lub mniejsze rozproszenie promieni na brzegach cieni, które bywa tem większe, im większy jest otworek w ekranie i im dalej od siatkówki znajduje się przedmiot, dający cień tak, iż w ogóle tem wyraźniej cienie rysują się na siatkówce, im mniejszy jest otworek i im bliżej od siatkówki leży przedmiot dający cień. Podany wyżej sposób oświetlania oka może służyć do wykrycia najmniejszych ciał nieprzezroczystych w oku czyli do badania tych ciał w sposób entoptyczny.

Jeżeli przy takim oświetle-
niu oka będziemy ekran nieco prze-
suwali w jedną lub drugą stronę
w płaszczyźnie ogniskowej, to snop
promieni równoległych będzie się
oczywiście także przesunął i oświe-
tlał rozmaite części ciała szkla-
nego i siatkówki; wtedy możemy
zauważyć w oku rozdwojenie się
pewnych cieni, które przedtem wy-
stępowały jako pojedyncze. nadto
cienie samoistne przytem się roz-
suwają, częścią do siebie zbliża-
ją. Przyczynę tego zjawiska tło-
maczy rycina 166, mianowicie, jak
widzimy, zjawisko to zależy od po-
łożenia ciała, dającego cień, wzglę-

Rycina 166.



dem źrenicy. to jest od położenia jego przed lub poza źrenicą, a od jego odległości od siatkówki. Jeżeli bowiem przesuwamy źródło światła, to równocześnie przesuwamy się i cień, lecz cień od przedmiotu znajdującego się przed źrenicą, wskutek znanej już nam własności oka odnoszenia wrażeń otrzymywanych podług linii kierunkowych, przesuwamy się w kierunku przeciwnym, podczas gdy cień od przedmiotu, leżącego poza źrenicą, przesuwamy się w tym samym kierunku, co źródło światła. Nadto wskutek zmian w kierunku oświetlenia, odległość cieniów może się zmieniać; cień, który przy oświetleniu prostem zaledwie się zjawiał, może występować przy bocznem oświetleniu wyraźnie.

Źródłem zjawisk entoptycznych mogą być:

1) Kropelki cieczy lub śluzu na przedniej powierzchni rogówki (wydzielina gruczołów Meiboma). Cienie te występują jako ciemne plamki z jasnym środkiem, wskutek czego mogą być łatwo rozpoznane. Przy zamykaniu powiek zmieniają swój kształt, a niekiedy całkiem znikają.

2) Cienie od brzegów źrenicy mają zupełnie kształt samej źrenicy; jeżeli źrenica jest prawidłową, t. j. przedstawia koło, to cień ma także kształt koła, jeżeli zaś brzeg źrenicy ma wręby, fałdy lub wypustki, to w takim razie wszystkie te niedokładności można rozpoznać u siebie w oku. Również dzięki tym cieniem rozpoznajemy szerokość źrenicy, gdyż podczas zwięzania źrenicy, koło oświetlone na siatkówce staje się mniejsze, podczas rozszerzania większe.

3) Przednia ściana soczewki może być przyczyną: *a)* plamek perłkowatych, robiących wrażenie okrągłych płytek, jasnych w środku, z wyraźnym ciemnym brzeżkiem. Niekiedy cienie te robią wrażenie pęcherzyków powietrza, kropelek oleju lub kryształków, widzianych pod mikroskopem. Zdaniem Listinga mają one zależeć od kropelek śluzu, znajdującego się w cieczy Morganiego; *b)* ciemnych plamek bez jasnego środka i nieokreślonego kształtu; cienie te są prawdopodobnie zależne od częściowego zaciemnienia soczewki lub jej torebki; *c)* jasnych smug, mających niekiedy kształt gwiazdzisty; powstają one w środku pola widzenia i zdaniem Listinga zależą od tworów, znajdujących się na przedniej powierzchni torebki, pozostałych z czasu embryonalnego rozwoju, jako resztki błony, która łączyła torebkę z rogówką; *d)* mniej lub więcej ciemnych promienistych linii, które zdaniem Listinga zależą od włókien soczewki.

4) Rozmaite nieprawidłowości w kształcie nitek lub strzępków; przeważnie są to cienie ruchome i zależą od nieprzezroczystych cząstek, znajdujących się w ciałku szklanym. Cienie te, niekiedy wskutek zmian swojego położenia, mogą powstawać nawet w oświetleniu zwyczajnem i w takim razie nazywamy je muszkami (*mouches volantes*). Znaczna ilość i wyrazistość tych muszek świadczy jednakże o nieprawidłowych już stosunkach w oku.

Do tej samej kategorii zjawisk entoptycznych wypada zaliczyć także cienie, rzucane przez art. *centralis retinae*. Mówiąc o budowie oka zauważyliśmy, że art. *centralis retinae* rozgałęzia się w siatkówce na wewnątrz od jej elementów nerwowych. Cienie, które dają rozgałęzienia tej tętnicy, są także najlepszym dowodem, że wrażliwe na światło

elementa siatkówki znajdują się poza warstwą rozgałęzień naczyń, gdyż w przeciwnym razie powstawanie cieniów byłoby niemożliwe.

Podczas zwykłego oświetlenia dziennego cienie te nie powstają; chcąc je wywołać, potrzeba w ten sposób oświetlić oko, aby cienie od naczyń przypadały na coraz inne miejsca siatkówki i dlatego występują one wtedy, kiedy punkt świecący, znajdujący się w pierwszym ognisku, poruszamy szybko na prawo i na lewo, lub w górę i na dół; jeżeli punkt świecący poruszamy na prawo i na lewo, to zjawiają się prostopadłe gałązki naczyń, jeżeli zaś poruszamy w górę i na dół, to występują rozgałęzienia poziome naczyń, przyczem okolica jasnego widzenia jest zupełnie wolna od cieni, gdyż jak zauważyliśmy wyżej, w okolicy żółtej plamki nie mamy zupełnie naczyń.

Ten sposób badania cieni zależnych od naczyń, nie daje jednakże dokładnego wyobrażenia o rozgałęzieniach *art. centralis retinae*, gdyż cienie te powstają tylko częściowo. Aby otrzymać całkowity obraz tych roz-

Rycina 167.



gałęzień, potrzeba oświecić oko silną soczewką, ustawiając jej ognisko na brzegu twardówki, możliwie jak najdalej od rogówki i patrząc na jednakowo zabarwioną ciemną płaszczyznę; jeżeli przytem zmieniamy nieco położenie soczewki, to podczas oświetlenia całe pole widzenia przybiera barwę brązową, na której wyraźnie występują wszystkie rozgałęzienia *art. centralis retinae*, jako ciemne linie (rycina 167) i tylko w okolicy jasnego widzenia tych ciemnych linii nie otrzymujemy. Barwę

tę porównał Helmholtz do barwy lekko poczernionej i połyskującej skóry. Jeżeli boczne oświetlenie działa dłuższy czas na to samo miejsce, wtedy zjawisko to coraz bardziej słabnie i w końcu znika, lecz każdy nowy ruch soczewki wywołuje go powtórnie w całej pełni, przyczem obrazy światła, padającego na siatkówkę poruszają się w tym samym kierunku, co rozgałęzienia naczyń.

Trzecia metoda w tym celu stosowana jest następująca: patrzymy na możliwie ciemne pole; przed okiem ustawia się z boku od osi ocznej silne źródło światła, w obec którego ciemne pole przybiera zabarwienie żółtawej zasłony, na której każdy mały ruch światła wywołuje cienie naczyń w postaci czarnych linii. Zjawiska te były już badane przez Purkiniego, jakkolwiek dokładne ich tłumaczenie podał dopiero Müller.

Oświetlenie i badanie wnętrza oka.

Wziernik (oftalmoskop).

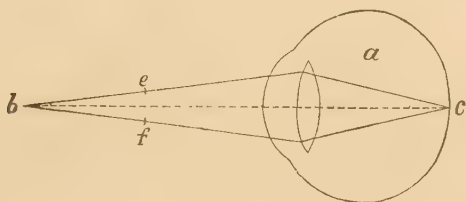
Zauważyliśmy wyżej, że, oświetlając oko z boku za pomocą wypukłej soczewki; możemy się przekonać, jeżeli źródło światła jest dość silne, że część promieni odbija się od pierwszych przezroczystych środowisk oka, t. j. rogówki i soczewki, i wskutek tego środowiska te przedstawiają nam barwę białawą, wskutek czego możemy dostrzedz w nich pewne odmienne anatomiczne składniki, lub inne ciała, jeżeli takowe w nich się znajdują. Jednakże takie oświetlenie nie pozwala nam widzieć nic poza soczewką, która już przy powierzchownem oglądaniu przedstawia się nam niekiedy jako czerwone lub różowe pole i to tem jaśniejsze, im silniejsze światło rzucamy na brzeg twardówki. tak, że na podstawie powierzchownej obserwacji możemy wnosić, że to różowe zabarwienie wnętrza oka zależy nie od promieni, które przechodzą przez źrenicę, lecz od bocznych promieni światła, które wchodzi do oka przez twardówkę, pozbawioną barwika. Wprawdzie widzimy podczas wywoływania figur Purkiniego, że światło przechodzi przy bocznem oświetleniu także do oka, posiadającego barwik, i że w ten sposób wywołane zostają cienie naczyń, jednakże siła tego światła jest za mała, ażeby ono mogło oświetlić wnętrze ocz, zawierających barwik w dostatecznej ilości.

Że w oczach albinosów to różowe zabarwienie zależy od promieni, przenikających do oka przez części boczne, wykazał Donders, urządzając np. dla królika sztuczną źrenicę, t. j. przykładając do oka ekra-

nik nie przezroczysty z małym otworkiem mniej więcej tej wielkości, jaką posiada źrenica zwierzęcia. Patrząc przez taki otworek do oka królika albinosa, które przedtem posiadało wewnątrz zabarwione na czerwono, widzimy teraz wewnątrz czarne, podobnie jak w każdym prawidłowym oku.

Przyczyna, dlaczego wewnątrz oka przedstawia się nam czarnem, dlaczego źrenica, na którą patrzymy, obca lub własna, jak np. w lustrze, przedstawia się nam zawsze czarną, jest następująca. Przypuśćmy: że oko akomoduje, do punktu świecącego *b*, (rycina 168); w takim razie obraz tego punktu powstaje w okolicy jasnego widzenia, t. j. w okolicy żółtej plamki i będzie miał kształt punktu *c*. Różowe zabarwienie oczu albinosów i zachowanie się siatkówki świadczy o tem, że promienie do oka wchodzące nie zostają w zupełności zabсорbowane, lecz że przeciwnie mogą się odbijać na zewnątrz i wywołać to zabarwienie, które im nadaje siatkówka wskutek obecności naczyń. Nietylko

Rycina 168.



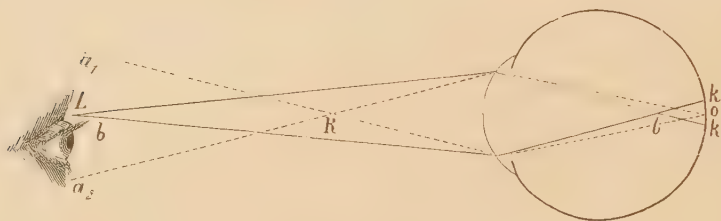
w oczach albinosów, lecz także i w innych światło może przenikać nawet przez warstwy komórek barwikowych, jak również się odbijać od tych warstw, tak, iż w tym przypadku wyraźny obraz punktu świecącego (*c*) może i musi w rzeczywistości stać się jakby punktem świecącym dla całego szeregu promieni, które od niego w rozmaitych kierunkach mogą się rozchodzić wskutek odbijania się od elementów siatkówki i od komórek barwikowych. Jednakże wszystkie te promienie, które przejdą przez aparat dioptryczny oka, wskutek tego, że *b* i *c* są ogniskami sprzężonymi tego aparatu, po wyjściu z oka muszą się zebrać w punkcie *b* i utworzą homocentryczny snop promieni, idących zbieżnie od oka do punktu *b*. Ażeby zatem widzieć punkt *c*, potrzeba oko badacza umieścić w przestrzeni *ef*, gdyż tylko na tej przestrzeni przebiegają promienie, idące z punktu *c*. Lecz jeżeli umieścimy oko w przestrzeni *ef*, to zakryjemy punkt *b* i naturalnie nie otrzymamy obrazu *c*, wskutek bowiem nieprzezroczystości naszego oka i głowy dostęp promieni

światła do oka badanego jest uniemożliwiony; oczywiście, że wewnątrz oka w tych warunkach musi wydać się czarnem.

Są jednakże warunki, w których wewnątrz oka możemy widzieć, podobnie jak u albinosów, mniej lub więcej wyraźnie zabarwione na różowo. Jestto możliwe w 2 przypadkach, mianowicie w oku niedomiarowym i w oku nadmiarowym.

Przypuśćmy, że mamy oko niedomiarowe, którego *punctum remotum* jest R (rycina 169) i że źródło światła leży w L . Oczywiście, że stożek promieni, idących z L do oka jako z punktu położonego poza *punctum remotum*, zbierze się nie na siatkówce, lecz przed nią w punkcie l tak, iż na siatkówce utworzy koło rozproszone kk . Wskutek

Rycina 169.



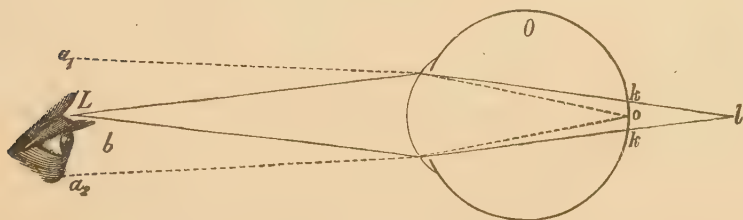
wspomnianej wyżej własności siatkówki i naczyń, każdy element ich, oświetlony tym stożkiem na przestrzeni koła rozproszenia, może z kolei być źródłem światła i rzeczywiście, jeżeli badane oko nie akomoduje, to z każdego punktu tego kręgu wychodzą promienie, które po wyjściu z oka przetną się w R , jako w ognisku sprzężonym z siatkówką. Przypuśćmy, że jednym z takich punktów jest o ; stożek promieni wychodzący z tego punktu ku źrenicy po przejściu przez nią zbierze się w R , a przechodząc dalej prostolinijnie utworzy stożek a_1Ra_2 , w środku którego leży punkt świecący L . Jeżeli oko obserwatora umieścimy tuż obok punktu świecącego L , np. w b , to część promieni stożka a_1Ra_2 trafia do oka badacza, który ujrzy punkt o jako źródło światła. Taki sam stożek utworzą promienie z każdego innego punktu przestrzeni kk i wskutek tego całą tę przestrzeń widzieć możemy mniej lub więcej oświetloną zależnie od siły światła L .

Podobne zjawisko widzieć możemy także w oku miarowym, jeżeli oko to akomoduje do przedmiotów bliskich, a źródło światła znajduje się w odległości większej niż odległość, do której oko akomoduje; wsku-

tek tych samych przyczyn i w tym przypadku ujrzymy dno oka mniej lub więcej oświetlone.

Tak samo rzecz się ma i w oku nadmiarowym, jakkolwiek warunki powstawania tego oświetlenia są nieco odmienne. Przypuśćmy, że O jest okiem nadmiarowym, L punktem świecącym (rycina 170). Stożek promieni rozbieżnych, wchodzących do oka, nie może zebrać się na samej siatkówce, lecz poza nią w punkcie l , gdyż oko jest przystosowane tylko do promieni zbieżnych, wskutek tego na siatkówce powstanie koło rozproszone kk . Punkt o na siatkówce może zatem stać

Rycina 170.



się źródłem światła, z którego wychodzące promienie rozbieżne po wyjściu z oka w dalszym ciągu zostają rozproszone i utworzą stożek a_1oa_2 . Jeżeli oko badacza znajduje się obok L , to ujrzy dno oka oświetlone.

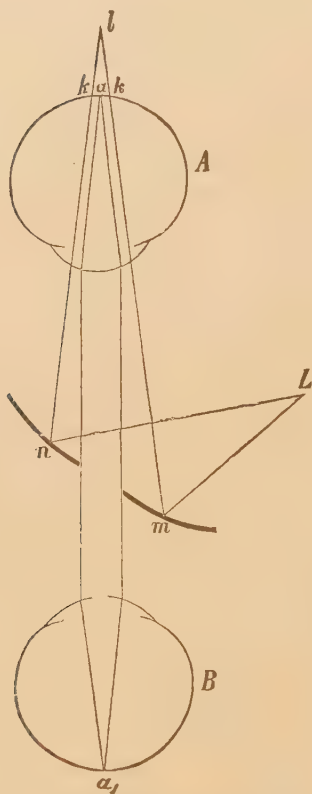
Ta własność oczu nadmiarowych jest przyczyną świecenia oczu u niektórych zwierząt, np. u psa, kota, wilka i t. p. Źródłem światła w tym przypadku jest albo jakieś dalekie światło, albo nawet gwiazdy, które wywołując promienie równoległe powodują, że w oczach tych zwierząt, przeważnie nadmiarowych, nie powstają obrazy na siatkówce, lecz po za nią, na siatkówce zaś tworzą koła rozpierchłe, które, stając się źródłem światła, powodują iskrzenie się oczu. Ztąd także pochodzi iskrzenie się oczu u ludzi nawet emetropów, podczas pewnych afektów, np. gniewu; w tym przypadku jednak ma miejsce przeważnie pierwszy przypadek, mianowicie, że oko wskutek akomodacji do blizkich przedmiotów staje się jakby okiem myopa z blisko położonym punktem najdalszym widzenia.

We wszystkich przytoczonych wyżej przypadkach oświetlenie dna oka jest jednakże bardzo słabe tak, że żadnych szczegółów w oku widzieć nie możemy. Ażeby te szczegóły widzieć, potrzeba oko oświetlić sztucznie możliwie silnem źródłem światła, jednak zastosować to światło tak, aby oko i głowa badacza nie przeszkadzały oświetleniu badanego oka.

Pierwszy przyrząd w tym celu podał Helmholtz i nazwał go *oftalmoskopem*.

Jest to zwykłe płaskie lub wklęsłe lustro z otworkiem w środku. Lustro to (rycina 171) ustawia się skośnie przed okiem badanym. Jeżeli źródło światła stoi w L , to stożek promieni mLn , trafiając do oka np. miarowego, które podczas badania nie akomoduje, zostaje zebrany

Rycina 171.



poza siatkówką w punkcie l i utworzy na siatkówce koło rozprzeczłe kk . Zupełnie tak samo, jak w powyższych przypadkach, każdy punkt na tej przestrzeni (kk) może być źródłem światła. Oczywiście, że promienie wychodzące z każdego punktu, np. z a , będą musiały powrócić z oka, ponieważ oko jest miarowe, przybrać kierunek równoległy. Jeżeli przed tym snopem równoległych promieni przechodzących przez otwór w środku lustra, znajduje się oko badacza B także miarowe, to punkt a utworzy w nim obraz a_1 na siatkówce i w ten sposób może być dokładnie widziany przez badacza.

Wyrazistość tego obrazu zależy od stopnia oświetlenia i w tym celu możemy brać mniejsze lub większe źródło światła, jak również odpowiedniej wielkości lustro, a nadto możemy zwiększyć, lub zmniejszyć stożek promieni, idący od oka badanego przez większe lub mniejsze rozszerzenie źrenicy, otrzymane za pomocą znanych już środków rozszerzających źrenicę, np. atropiny; stosując te środki wprost na oko, mo-

żemy źrenicę rozszerzyć tak znacznie, że tęczówka wcale nie przeszkadza w badaniu i oko zostaje dokładnie oświetlone.

Oczywiście, że w tym przypadku, wskutek położenia punktu a w odległości prawie ogniskowej dioptrycznego aparatu badanego oka, aparat ten służy nam wprost jako powiększająca soczewka i obraz, który za pomocą niej otrzymujemy, będzie w naszym oku urojony i powiększony. Dla tego badanie oka, dokonywane w powyższy sposób, na-

zywa się badaniem prostem. Przy zastosowaniu w praktyce tego sposobu musimy odróżnić kilka przypadków

1) Jeżeli oko badane, jak również badacza, są miarowe, natenczas, jak to widzieliśmy wyżej z ryciny, wystarczy, ażeby obejrzeć wnętrze oka, oświetlić je za pomocą lustra i nie akomodować. Ażeby oświetlenie było wystarczającym dla odróżnienia szczegółów wnętrza oka, lustro, jako też oko badacza wypada możliwie zbliżyć do oka badanego, albowiem w ten sposób zmniejszamy stratę promieni wskutek rozproszenia.

2) Jeżeli oko badane jest krótkowidzące, badanie będzie możliwe tylko wtedy, kiedy stożek promieni mLn utworzy na siatkówce koło rozproszone; a nadto, ponieważ promienie, wychodzące z oka, będą szły zbieżnie do oka badacza, oko badacza musi być nadmiarowem, i stopień niedomiarowości oka badanego, musi odpowiadać stopniowi nadmiarowości oka badacza.

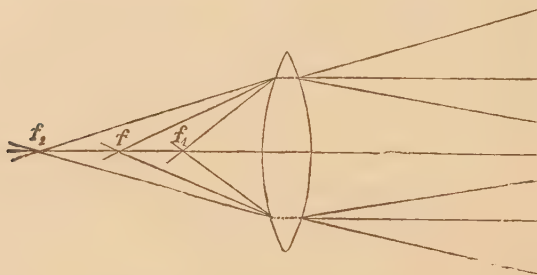
3) Odwrotny stosunek zachodzi, jeżeli mamy badać oko nadmiarowe; w tym przypadku oświetlone dno oka będzie mógł widzieć tylko myop, jeżeli stopień jego niedomiarowości odpowiada stopniowi nadmiarowości badanego oka.

Badanie jednakże wziernikiem oka we wszystkich tych przypadkach jest możliwe, jeżeli wprowadzimy korekcyą obu oczu, t. j. jeżeli zastosujemy takie 1 lub 2 szkła, które zupełnie znoszą błędy refrakcyi obu ócz tak, że oko badane, jak i oko badacza można będzie uważać po skorygowaniu za oczy miarowe, i tak oko niedomiarowe będzie mogło widzieć dno oka miarowego i dno oka niedomiarowego, za pomocą soczewki wklęsłej, korygującej w ostatnim przypadku oba braki; oko nadmiarowe będzie mogło widzieć wnętrze oka niedomiarowego, za pomocą soczewki wklęsłej lub wypukłej, uzupełniających różnicę między nadmiarowością i niedomiarowością obu ócz; oko nadmiarowe zaś, emetrop może badać za pomocą soczewki wypukłej, hypermetrop soczewki wypukłej, korygującej oba braki, myop—soczewką wklęsłą lub wypukłą, które będą uzupełniały różnicę między nadmiarowością i niedomiarowością oka badanego i badającego.

Badanie to, jakkolwiek w pewnych razach jest konieczne, ma jednakże swoje niedogodności: 1) oko badacza musi być bardzo blisko oka badanego; 2) wskutek bliskości siatkówki od ogniska aparatu optycznego oka, powiększenie jest za wielkie, tak, iż oświetlenie nie jest wystarczające; 3) wskutek znacznego powiększenia obrazu (16 — 20 razy) możemy widzieć naraz tylko małe przestrzenie dna oka i wskutek tego z pewną trudnością ocenić stosunki w położeniu rozmaitych

części siatkówki. Ażeby tych niedogodności uniknąć, można za pomocą tego samego wziernika Helmholtza skutecznie badać jeszcze w inny sposób, a mianowicie posługiwać się okiem badanym jako soczewką, w celu otrzymania rzeczywistego obrazu oświetlonej części dna oka przed okiem badacza; cel ten możemy osiągnąć, jeżeli pomiędzy oboma oczami ustawimy soczewkę wypukłą, która by zebrała przed okiem badacza promienie wychodzące z oświetlonej części oka, co możemy skutecznie bez względu na to, jakim jest oko badane; zależnie od jakości oka obraz utworzony przez soczewkę, będzie leżał bliżej lub dalej od niej (rycina 172), lecz w każdym razie można go otrzymać. Uskuteczniając badanie w ten sposób, ustawiamy soczewkę przed okiem, opierając się małym palcem lewej ręki o czoło osoby badanej tak, aby ogniskowa odległość soczewki przypadła na płaszczyznę źrenicy, zaś rzeczywisty obraz oświetlonej części siatkówki w odległości jasnego widzenia badacza. Oczywiście, z powodu, iż odległość badanego od ba-

Rycina 172.



dacza musi być ograniczoną, najłatwiej może badać myop, emetrop zaś i hypermetrop muszą posługiwać się akomodacją własnego oka lub używać odpowiednio silnych soczewek. Obraz w ten sposób otrzymany jest tylko 4 — 5 razy większy, lecz zato znacznie wyraźniejszy. Wzierniki przedstawiają obecnie bardzo liczne modyfikacje; do najbardziej rozpowszechnionych należy tylko kilka, jak np. wziernik Helmholtza, Jägera i Liebreicha.

b) Wrażenia wzrokowe.

Oko z całym aparatem optycznym i siatkówką jest zewnętrznym narządem zmysłu wzroku, wewnętrzny zaś narząd stanowią nerw wzro-

kowy i te części mógu, które nazywamy ośrodkami nerwów wzrokowych. Tylko w tych ostatnich powstają wrażenia i czucia; czucia te nazywamy czuciami wzrokowymi lub świetlnymi i odróżniamy je od wszelkich innych czuć, np. dotyku, ciepła, słuchu i t. p.

Głównym i w warunkach prawidłowych prawie wyłącznym bodźcem, który te wrażenia i czucia wywołuje, jest światło obiektywne, t. j. pewnej długości fale (drgania) eteru. Jednakże prócz światła obiektywnego cały szereg innych bodźców może także wywołać czucia świetlne, jak np. działanie mechaniczne (ucisk, uderzenie), podrażnienie prądem elektrycznym i t. p. Pomimo, że bodźce powyższe nie mają nic wspólnego ze światłem obiektywnym, jednakże działanie ich na aparat wzrokowy, t. j. na samo oko lub na zakończenie nerwu wzrokowego w siatkówce, na nerw wzrokowy, lub w końcu na pewne okolice mózgu, w których leżą ośrodki wzrokowe, zawsze wywołuje wrażenie, które przedstawia się nam jako czucie świetlne; wogóle wszelki stan czynny, gdziekolwiek on powstaje w aparacie wzrokowym, objawia się w naszej świadomości zawsze jako czucie świetlne,

Dzięki aparatowi refrakcyjnemu oka, jeżeli akomodacja jest dokładną, jak zauważyliśmy wyżej, abrazy rzeczywiste pomniejszone przedmiotów światła zewnętrznego, powstają na samej siatkówce, w pewnej ograniczonej części jej; wskutek tego wrażenia i czucia świetlne, powstające pod wpływem światła obiektywnego, różnią się zasadniczo od tych wrażeń i czuć świetlnych, które powstają wskutek działania innych przyczyn na aparat nerwowy oka; w pierwszym przypadku wywołane wrażenia i czucia łączą się w tak zwane obrazy i wywołują w naszej świadomości stany, w których czucia świetlne, w związku z innymi czuciami, przybierają określony kształt i charakter, pozostający w pewnym stosunku do przedmiotów zewnętrznych, znajdujących się przed okiem; w drugim przypadku powstają przeważnie nieokreślone tylko czucia świetlne, nie odpowiadające żadnym przedmiotom zewnętrznym. Te ostatnie zjawiska wywołamy, jeżeli np. ciałem tępym i twardym naciskamy na boczną powierzchnię oka, o ile można, w okolicy równika, szczególnie przy zamkniętych oczach lub w zupełnej ciemności; w takim razie w oku powstają zjawiska świetlne, tak zwane fosfeny, w postaci up. nieokreślonej jasnej plamy; plamę tę, wskutek właściwości naszego mózgu, nabytej drogą doświadczenia, odnosimy na zewnątrz oka, w kierunku punktu węzłowego, tak, iż odbieramy wrażenie, jakby była oświetloną część pola naszego widzenia; wskutek tego, jeżeli uciskamy oko w górnej części od zewnętrznej strony, plamę tę

widzimy w dole i na wewnątrz pola widzenia; jeżeli uciskamy z dołu i od wewnątrz, to przeciwnie jasna plama zjawia się u góry i na zewnątrz. Plamy takie mają rozmaite kształty zależnie od sposobu, w jaki zostają wywołane; jeżeli ciało, za pomocą którego wywołujemy je, jest tępe, lecz dość cienkie, to plama przedstawia się w postaci jasnego pola, otoczonego najprzód ciemnem, następnie jasnem kołem.

Nieco innego kształtu zjawisko zauważył Purkinje, który doświadczenia te czynił głównie na sobie, Mianowicie jeżeli uciskał oko za pomocą wszystkich palców równomiernie przez dłuższy czas, to bardzo szybko występowała najprzód jasna, błękitnawo zabarwiona plama, na około której na całym polu zjawiało się mnóstwo silnie migocących światełek, jakby w kalejdoskopie, z odcieniem błysków światła elektrycznego. Jeżeli ucisk się zmniejszał, zjawisko to jeszcze jakiś czas trwało, następnie stopniowo się zmniejszało, nareszcie znikało zupełnie i całe pole stawało się ciemnem.

Do tej samej kategorii wypada zaliczyć cały szereg zjawisk świetlnych, które powstają w oku wśród rozmaitych innych warunków, np. wskutek szybkiego ruchu oczu w ciemnej przestrzeni, wskutek szybkiego zamykania powiek, a nawet wprost wskutek wpatrywania się z lekkim uciskiem powiek w przestrzeń zupełnie ciemną.

W ogóle cały aparat nerwowy oka zostaje wciąż pod wpływem rozmaitych bodźców, do których także, zdaje mi się, wypada zaliczyć i ruch krwi w naczyniach krwionośnych, akomodację, ruch mięśni ocznych, oddychanie i t. p. Wszystko to razem, drażniąc rozmaite części tego aparatu, wywołuje całą masę mniej lub więcej odczuwanych wrażeń świetlnych i stanowi tak zwany *chaos świetlny*. Błyski, które w tym chaosie zjawiają się, zostają widocznie w związku z tętnem i oddychaniem.

Gdy się wpatrujemy w jakiś przedmiot przez pewien czas, następnie zamknijemy powieki i ponownie staramy się widzieć ten sam przedmiot w ciemności, to w pierwszej chwili rzeczywiście pozostaje obraz tego przedmiotu, tak zwany *powidok*, lecz bardzo prędko całe pole widzenia ciemnieje, a następnie przedstawia nam się jako płaszczyzna nie oświetlona z rozrzuconymi tu i owdzie po niej błyskami światła; błyski te najczęściej odpowiadają rozgałęzieniom naczyń.

Purkinje opisuje zjawiska, występujące w postaci szerokich mniej lub więcej pokurczonych tasiem, pomiędzy którymi leżą ciemne przestrzenie. Przestrzenie te układają się współśrodkowo względem środkowego punktu pola widzenia, poruszają się ku środkowi i tam się zatra-

cają, albo też przedstawiają się w postaci ruchomych łuków lub krzywych promieni, które się poruszają na około tego środka. Ruch ten jest dość powolny tak, iż zwykle potrzeba około 8 sekund, aby taka taśma odbyła całą drogę i zupełnie znikła. Prócz tego zauważył Perkinje, że po każdym znużeniu cielesnem, na ciemnem polu widzenia zjawiają się słabe, niewyraźne fale światła, robiące wrażenie jakby płomienia spirytusowego na płaszczyźnie poziomej; przy bliższem rozglądaniu występują bardzo małe punkciki świecące, które się szybko jeden za drugim przesuwają, pozostawiając za sobą jakby ślady świetlne. Podobne zjawiska występują nie tylko u ludzi, posiadających oczy o zupełnie prawidłowej siatkówce, lecz także i u ludzi, którym oczy wyjęto za pomocą operacji lub też u ludzi z uszkodzonym nerwem wzrokowym lub zniszczoną siatkówką. Na tej podstawie wypada wnosić, że przynajmniej pewna część tej fantastycznej gry światła, którą możemy wywołać w swych oczach, bez udziału światła obiektywnego, nie zależy od oka, lecz także od innych części aparatu wzrokowego, jak np. od samego nerwu wzrokowego, lub też ośrodków wzrokowych w mózgu.

Podobne zjawiska można wywołać za pomocą prądu elektrycznego; każde wahanie w sile prądu, podobnie jak we wszystkich innych nerwach, działa drażniaco i wywołuje wrażenie świetlne. Zjawiska przebiegają tu w sposób bardzo rozmaity, zależnie od kierunku, siły, sposobu zamykania i otwierania prądu i t. d. W ogóle jednak przeważa następujący charakter: Jeżeli prąd przechodzi w oku od pręcików do komórek nerwowych, t. j. od zewnątrz ku wewnątrz siatkówki, to powstają wrażenia ciemności, jeżeli zaś w odwrotnym kierunku, to powstają wrażenia światła.

Wrażenia pod wpływem światła obiektywnego.

Już na podstawie faktu, że zawsze, gdy oko akomoduje, obraz wyraźnie widzianego przedmiotu przypada na samą siatkówkę, możemy wnosić, że w niej się muszą znajdować elementy wrażliwe na działanie światła. Jednakże ze względu, że siatkówka jest błoną w wysokim stopniu skomplikowaną, może zachodzić pytanie, które z elementów jej biorą udział w odczuwaniu wpływu światła. Istnieją dwa fakty, które przedewszystkiem nasuwają nam myśl, że elementami tymi są najbardziej zewnętrzne warstwy siatkówki, t. j. pręciki i czopki. Fakt pierwszy przedstawia anatomiczna budowa siatkówki, widzieliśmy bowiem, że miejscem, w którym odbieramy najbardziej wyraźne obrazy, jest żółta

plamka, posiadająca jeszcze tak zwaną jamkę centralną (*fovea centralis*), w której prawie wyłącznie znajdujemy tylko warstwę pręcików i czopków.

Jako fakt drugi możemy wskazać okoliczność, że na siatkówce istnieje miejsce, w którym tych elementów zupełnie nie znajdujemy, miejscem takim jest brodawka nerwu wzrokowego (*papilla nervi optici*). W sposób bardzo prosty możemy się przekonać, że brodawka ta jest zupełnie na działanie światła nie wrażliwą. Jeżeli na papierze, leżącym na stole, narysujemy mały krzyżyk *a* i następnie zainknuwszy lewe oko, będziemy wprost od tego krzyżyka prowadzili koniec ołówka na zewnątrz, to w chwili, kiedy między krzyżem i końcem ołówka powstanie kąt około $12\frac{1}{2}^{\circ}$, koniec ołówka przestaje być widzialnym. Jeżeli nastę-

Rycina 173.



pnie posuwamy ołówek tak, aby koniec jego był wciąż niewidzialnym i jeżeli przytem wciąż patrzymy na krzyżyk, to wykreślimy figurę, której kształt odpowiada ściśle kształtowi brodawki nerwu wzrokowego; na tej przestrzeni siatkówki, nie odbieramy żadnych wrażeń świetlnych. To miejsce na siatkówce nazywamy ślepą plamką. Na rycinie 173 można się przekonać, że rzeczywiście, gdy patrzymy na krzyżyk okiem prawem (lewe oko musi być zakryte) i odsuwamy książkę wprost od oka na odległość mniej więcej 30 cm., cały krążek biały zupełnie znika z pola widzenia. Podobnie nie widzimy w tem miejscu żadnych innych przedmiotów czarnych lub barwnych, jeżeli one nie są większe od białej plamy.

Oczywiście więc, że w polu widzenia każdego oka istnieje miejsce z obecności którego nie zdajemy sobie sprawy, które jednakże zupełnie, nie jest zdolne do odbierania wrażeń świetlnych. Miejsce to, jak z oznaczenia jego położenia możemy widzieć, odpowiada rzeczywiście brodawce

nerwu wzrokowego, czyli temu miejscu siatkówki, w którym zupełnie nie znajdujemy ani pręcików, ani czopków.

Prócz powyższego, pośredniego sposobu oznaczenia ślepej plamki na siatkówce, istnieje jeszcze i bezpośredni dowód w spostrzeżeniach Dondersa, który za pomocą wziernika rzucał światło małego płomienia do badanego oka i ustawiał je tak, że obraz płomienia powstawał na brodawce nerwu wzrokowego. Badany osobnik odczuwał przytem zaledwo ślady światła, które oczywiście mogły pochodzić ztąd, że promienie światła, wchodzące do oka, ulegały rozproszeniu i odbiciu. W każdym razie, dopóki obraz światła zewnętrznego był w okolicy nerwu wzrokowego, badana osoba nie miała żadnego określonego wrażenia świetlnego.

W końcu, że wrażenie świetlne nie powstaje w samych włóknach nerwowych siatkówki, mamy jeszcze dowód w tem, że wrażenia te odpowiadają w rzeczywistości obrazom przedmiotów zewnętrznych; gdyby włókna nerwowe były zdolne do odbierania wrażeń świetlnych były czułe na działanie światła, to wskutek promienistego ich przebiegu w siatkówce musielibyśmy otrzymywać wrażenia świetlne w postaci taśm, przebiegających mniej lub więcej promienisto, gdyż niepodobna przypuścić, ażeby nerw, w jednym punkcie zadrażniony, dawał nam wrażenie inne, niż gdyby był zadrażniony w całej długości.

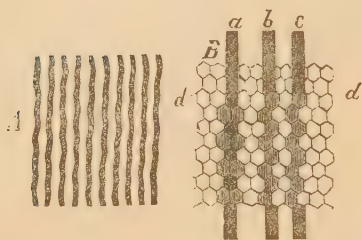
Wszystko to razem przekonywa nas, że przynajmniej włóknom nerwowym siatkówki, wrażliwości na działanie światła absolutnie przyznać nie możemy. Odwrotnie, że obwodowe części siatkówki są wrażliwe na światło, przemawia zatem owo wrażenie cieni od naczyń, które rzeczywiście przypadają na warstwę pręcików i czopków, jak to wypada z obliczeń ruchów tych cieni; tak np. pomiary Müllera wykazały, że odległość naczyń od powierzchni, na której ich cienie mogą być odczuwane, waha się między 0.17—0.36 mm., rzeczywista zaś odległość naczyń od warstwy pręcików i stożków podług tego autora wynosi od 0.2 do 0.3 mm.

W końcu najważniejszym dowodem, że wrażenia świetlne zostają wywołane w zewnętrznej warstwie siatkówki, są badania bystrości wzroku. Dwie gwiazdy, których pozorna odległość od siebie wynosi mniej niż 30 sek., widzimy stale jako jedną gwiazdę; na 100 ludzi zaledwo jeden odróżnia dwie gwiazdy, jeżeli ich odległość pozorna wynosi 60". Podług Webera dwie białe linie możemy widzieć jako dwie, jeżeli ich odległość wynosi około 73". Helmholtz podaje, że on przy dobrem oświetleniu odróżnia linie już przy odległości 60". Znając tę odległość, możemy obliczyć, jakim przestrzeniom odpowiada kąt w oku; według Li-

stinga kątowni $73''$ odpowiada odległość 0.00526 mm., kątowni $63''$ 0.00464 , kątowni $60''$ 0.00438 mm. Z drugiej strony badania histologiczne np. Köllikera wykazują, że grubość pręcika lub czopka w plamce żółtej wynosi zwykle około 0.0045 — 0.0054 mm. Widzimy więc, że te obliczenia w oku szematycznym i pomiary histologiczne zupełnie dobrze się z sobą schodzą i że za elementy wrażliwe możemy uważać tylko pręciki i czopki siatkówki. Jedną wypada zaznaczyć, że późniejsi histologowie podają nieco mniejsze liczby dla grubości pręcików i czopków.

Jeżeli światło dochodzi do jednego z tych elementów i oświetla go w części lub całkowicie, to w takim razie otrzymujemy wrażenie punktu świecącego; gdy jednak światło działa na kilka elementów, to tylko w tych z nich powstaje wrażenie światła, których większa część jest oświetlona. Wskutek tego, patrząc na szereg czarnych i białych równoległych linii jednakowej grubości z pewnej odległości, widzimy je jako faliste, jak to przedstawia rycina 174 *A*. Przyczynę tego zjawiska

Rycina 174.



tłumaczy fig. *B*, gdzie *dd* przedstawia nam szematyczny przekrój poprzeczny czopków i pręcików. Z tego także musimy wnosić, że każde wrażenie, które powstaje w jednym z zakończeń nerwowych siatkówki, zostaje przeniesione do ośrodków nerwowych, w sposób zupełnie izolowany; w takim razie ciekawą jest rzeczą zbadać, jaki

stosunek zachodzi pomiędzy ilością tych zakończeń, a liczbą włókien nerwu wzrokowego.

Badania takie zostały rzeczywiście dokonane przez histologów i wykazały, że w plamce żółtej (E. Salzer) na jeden kwadratowy milimetr przypada od 13200 do 13800 czopków, co zupełnie odpowiada i teoretycznemu obliczeniu Helmholtza. Liczba tych elementów na obwodzie siatkówki staje się coraz mniejszą, tak, iż dla oznaczenia całkowitej liczby zakończeń, wypadałoby zbadać prawie całą siatkówkę; jeżeli jednak w przybliżeniu skuteczny obliczenia w rozmaitych okolicach, to liczba pręcików i czopków wyniesie średnio około 3,000,000, zaś liczba włókien nerwowych w nerwie wzrokowym w przybliżeniu około 1,000,000; oczywiście więc, że w jednym włóknie osiowym nerwu wzrokowego musi przebiegać kilka mniejszych włókienek, które, zostając w połączeniu z pręcikami i czopkami, przenoszą wrażenia zupełnie odosobnione.

W końcu jako dowód, że wrażenia powstają w pręcikach i stożkach, można przytoczyć i tę okoliczność, że bystrość wzroku zmniejsza się zupełnie równolegle w obwodowej części siatkówki wraz ze zmniejszeniem się liczby tych elementów.

Zmiany w siatkówce pod wpływem światła.

Pod wpływem światła nie tylko powstaje w siatkówce wrażenie świetlne, lecz zarazem zachodzą także zmiany, które w rozmaity sposób mogą być uwidocznione. Zmiany te są trojakiego rodzaju.

Czerwień wzrokowa. Pierwsza zmiana polega na zblednieniu osobnego barwika, który w warstwie pręcików i czopków prawie u wszystkich zwierząt się znajduje i nosi nazwę *czerwieni ocznej* (*Sehepurpur*) lub *wzrokowej*; drugą zmianę przedstawia ruch ziarenek barwika w komórkach i trzecią: powstawanie prądów elektrycznych.

Jeszcze Müller znalazł u żab i szczurów w niektórych razach pręciki i czopki różowo zabarwione; w r. 1876 Boll zbadał bliżej to zabarwienie i wykazał, że barwik siatkówki zmienia się lub rozkłada pod wpływem światła, oraz, że można go zawsze w oczach wykazać, jeżeli przez pewien czas przed wyjęciem oko pozostaje w ciemności i jeżeli samo wyjęcie bywa dokonywane w bardzo słabem oświetleniu. Dalsze badania Kühnego wykazały, że barwik ten nie na wszystkie promienie światła jest jednakowo wrażliwy, przeciwnie, jeżeli wyjęcia oka dokonywamy w żółtem świetle sodowym, to mimo działania światła czerwień wzrokowa nie zmienia się. Następnie Kühne stwierdził, że barwik powyższy znajduje się w oczach prawie wszystkich kręgowców, nie wyłączając człowieka, że znika w okolicy przedniego brzegu siatkówki i że również znajduje się tylko w bardzo małej ilości w okolicy żółtej plamki, a niekiedy wcale go tu niema, tak, iż nawet zachowując największą ostrożność w odpreparowaniu siatkówki nie wykazano najmniejszego zabarwienia tej okolicy pręcików lub czopków.

Barwik siatkówki posiada własność rozpuszczania się w solach żółciowych, tworząc rozczyiny przezroczyste barwy purpurowej, z nieco zmienionym odcieniem, zależnie od zgęszczenia. Rozczyn ten pod wpływem światła szybko się zmienia, staje się czerwonym, żółtym i w końcu zupełnie bezbarwnym. Rozczyn, rozcieńczony w ciemności ma różowoczerwoną barwę, jeszcze silniej rozcieńczony -- barwę purpurową, jednak nawet bardzo zgęszczony przepuszcza światło czerwone i fioletowe. Natomiast między linią *E* w polu żółto-zielonem do linii *G* na granicy

barwy fioletowej przedstawia znaczną absorbcyę, która w okolicy barwy zielonej jest nieco silniejszą niż w okolicy barwy fioletowej; zaś w barwie żółtej absorbuje promienie fioletowe, natomiast przepuszcza zielone.

To zblednienie czerwieni wzrokowej ma miejsce w oku także podczas życia pod wpływem światła; tak żaby, znajdujące się przez 10—15 minut na świetle słonecznem, lub przez 30 minut na świetle zwykłym rozproszonem, tracą już zupełnie zabarwienie siatkówki; dla oka królika również już wystarczy kwadrans, aby w zwykłym świetle czerwień wzrokowa znikła.

Znikanie czerwieni zachodzi tylko w tej okolicy siatkówki, na której powstaje obraz świetlny, tak, że jeżeli oko unieruchomione jest ustawione na pewien przedmiot jasny, np. na ramę okna, to na siatkówce powstaje zupełnie dokładna fotografia obrazu tego przedmiotu, czyli t. z. *optogram*, który nawet można ustalić, jeżeli się np. u królika, po kilku minutowem takim działaniu światła, oko wyjmie, w oświetleniu sodowem, w roztworze soli, albo jeżeli się oko po wyjęciu włoży na 24 godzin do 4% roztworu ałunu; siatkówka, wyjęta z tego roztworu i wysuszona w ciemności, zachowuje bardzo wyraźne żółtawe zabarwienie, które się prawie nie zmienia pod wpływem światła. W oczach żab *optogram* otrzymuje się trudniej.

Odbarwienie czerwieni wzrokowej w oczach żyjących przechodzi te same stopnie, jakie widzieliśmy w roztworach tego barwika, lecz w ciemności znowu w krótkim stosunkowo czasie wraca pierwotne zabarwienie; fakt ten ma miejsce u żab w oczach wyjętych i pozbawionych krążenia krwi, a nawet w siatkówkach wyciętych, dopóki one zostają w związku z warstwą komórek barwikowych. Ta regeneracya barwika odbywa się daleko szybciej w temperaturze ciała zwierzęcego, jednakże już 44° stopni wystarcza, aby własność tę zupełnie zniszczyć. U zwierząt ciepłokrwistych, wskutek szybkiego obumierania tkanek, w oczach wyciętych zjawiska tego widzieć nie można.

W wyciętych oczach żab już po 20 minutach w ciemności zjawiają się pierwsze ślady zabarwienia pręcików, a w ciągu około 9 godzin odtworza się zupełnie czerwień wzrokowa; w niewyciętych oczach królików ta regeneracya odbywa się znacznie szybciej, mianowicie potrzeba tylko pół godziny czasu do zupełnego zabarwienia siatkówki.

Boll przypisywał wielkie znaczenie tej zmianie barwy siatkówki pod wpływem światła, sądząc, że zmiany barwika polegają na szczególnym procesie chemicznym, który odgrywa rolę w powstawaniu wrażeń świetlnych; jednakże już nadmieniona wyżej okoliczność, że czerwień

wzrokowa nie znajduje się w okolicy żółtej plamki, która właściwie jest miejscem jasnego widzenia u wszystkich zwierząt, że następnie najdokładniejsze badania nie wykazały jej w czopkach, lecz tylko w zewnętrznych członkach pręcików, świadczy, że przypuszczenie Bolla nie odpowiada rzeczywistości i że czerwień wzrokowa, jakkolwiek znaczenia jej nie znamy, nie odgrywa prawdopodobnie jednak żadnej roli bezpośredniej w powstawaniu wrażeń świetlnych.

Ruch komórek barwikowych lub ruch barwika w komórkach nie jest zjawiskiem właściwym wyłącznie tylko oku; wiadomo bowiem, że komórki barwikowe i w innych okolicach ciała posiadają protoplazmę kurczliwą, która pod wpływem światła wykonywa ruchy. Skutek tych ruchów najwyraźniej można widzieć na skórze chameleona, żab i innych zwierząt. Otóż podobne zupełnie ruchy obserwował cały szereg autorów i w komórkach barwikowych siatkówki; podług Kühnogo, zjawisko to przedstawia się w sposób następujący: U żab, zostających przez dłuższy czas w ciemności, komórki barwikowe tak się układają około zewnętrznych członów pręcików, że te prawie zostają zupełnie nieprzekryte tak, iż światło od zewnątrz siatkówki może przechodzić w kierunku osi pręcika; jak tylko jednakże zaczyna światło działać na siatkówkę, w tej chwili barwik w komórkach barwikowych zbliża się do pręcika i daje wypustki pomiędzy zewnętrzne człony pręcików, a nawet aż do wewnętrznych członów pręcików i czopków tak, iż wskutek nacisku tych komórek (być może jednakże samoistnie) zewnętrzne człony tych elementów nieco grubieją i tworzą z komórką barwikową jakby spojoną jednolitą masę. To przesuwanie się ziarenek barwika w protoplazmie komórek barwikowych, oraz tworzenie wypustek przez same komórki odbywa się znacznie wolniej w niskiej temperaturze, tak, iż ruch ten zachowuje się w ogóle podobnie, jak każdy inny ruch protoplazmy; w każdym razie, w odpowiedniej temperaturze, ruch barwika rozpoczyna się znacznie wcześniej, niż można dostrzedz jakiegokolwiek zmiany w czerwieni ocznej. Zjawiska te bardzo łatwo można obserwować w oczach żab, jednakże silne zgromadzanie się barwika naokoło zewnętrznych członów pręcików i czopków, podczas oświetlenia występuje jeszcze wyraźniej u zwierząt wyższych: ptaków, ssawców, a także było obserwowane przez Kühnogo i u człowieka.

Zauważyliśmy wyżej, że pod wpływem światła, obok ruchu ziarenek barwika i protoplazmy komórek zachodzą także zmiany w zewnętrznych członach pręcików i czopków mianowicie stają się one grubszymi i krótszymi; podobną zmianę obserwował Stort i w członach we-

wnętrznych, które, zdaniem jego, również są krótsze i grubsze, tak, że kształt pręcików i czopków, widziany na histologicznych preparatach, jest kształtem elementów pokurczonych.

Prądy elektryczne. Zmiany elektryczne w oku były przedmiotem bardzo licznych badań du Bois-Reymonda, Hermanna i innych, jednakże ze względu na trudność odpreparowania oka i nerwu wzrokowego oraz krótkość tego ostatniego, do wyników tych badań nie można przywiązywać wielkiego znaczenia. Z doświadczenia Kühnego wypada, że w nerwie wzrokowym podobnie jak i w innych, pod wpływem działania światła na siatkówkę, powstaje wahanie wsteczne, które jednakże po przerwaniu działania światła jeszcze się nieco zwiększa i dopiero następnie wraca do stanu spoczynku; Kühne nadaje temu zjawisku nazwę *Schlusschwankung*. Prąd spoczynkowy samej siatkówki ma przechodzić od przedniej powierzchni, gdzie leży nerw wzrokowy w kierunku powierzchni pręcików i czopków, z czego wypada, że ta ostatnia warstwa jest elektroujemną. Nagłe oświetlenie siatkówki wszelkimi rodzajami światła daje bardzo krótkie wychylenie w kierunku dodatnim, następnie zaś zwykłe wahanie wsteczne, które jednakże ustępuje w miarę dalszego działania światła. Najbardziej stosownym obiektem do badania zjawisk elektrycznych w oku jest oko głowonogów (np. eledone), ponieważ u tych zwierząt siatkówka zawiera tylko pręciki i czopki, podczas gdy reszta składowych części siatkówki innych zwierząt tu znajdujemy w nerwach wzrokowych i w ganglion opticum. Jeżeli połączymy z siatkówką jedną elektrodę, drugą zaś ustawimy na nerwie, albo na bulbus i w ten sposób odprowadzimy prąd do galwanometru, to znajdziemy, że wewnętrzna powierzchnia siatkówki jest ujemną w porównaniu z zewnętrzną i całym bulbus. Jeżeli siatkówkę oświetlimy, ujemność powierzchni wewnętrznej wzrasta, otrzymujemy więc wahanie dodatnie. Usunięcie światła usuwa również zmiany w prądzie, który spada do pierwotnego stanu. Z faktów wymienionych przychodzi A Beck do wniosku, jak to zresztą już wcześniej czynili inni autorowie, że przyczyną zmiany prądu elektrycznego są w danym przypadku zmiany w pręcikach i czopkach.

Warunki powstawania wrażeń świetlnych.

Przytoczyliśmy już wyżej dowody, że wrażenia świetlne powstają wskutek działania światła na zakończenia nerwowe, czyli t. z. pręciki i czopki. Do wywołania jednakże takiego wrażenia potrzeba, ażeby światło posiadało pewne natężenie i ażeby działało na siatkówkę przez pe-

wien określony czas. To najmniejsze natężenie światła i ten najkrótszy czas, w ciągu którego dane światło zdolne jest wywołać wrażenie świetlne, zależą od wrażliwości samego oka i są wogóle wielkościami zmiennymi tak, iż podać próg (kres) wrażliwości oka, tak co do natężenia, jak również i co do czasu działania jest rzeczą nadzwyczaj trudną. W każdym razie można powiedzieć, że im natężenie światła jest silniejsze, tem czas jego działania, potrzebny do wywołania wrażenia świetlnego może być krótszy, wiemy np. że jeden błysk iskry elektrycznej, trwającej nadzwyczaj krótko, widzimy bardzo dobrze.

Prócz zmian w siatkówce, które poznaliśmy wyżej, prawdopodobnie zachodzą także zmiany pod wpływem światła w samych pręcikach i stożkach, zmiany te zwykle trwają dłużej, niż sam czas działania światła. Wskutek tego pozostają po każdym wrażeniu tak zwane ślady wrażeń świetlnych czyli powidoki. Jeżeli zatem światło, które działa na oko, nie jest jednostajne, t. j. ciągłe, lecz zjawia się w pewnych odstępach czasu, w postaci błysków, to w razie, gdy przerwy te są bardzo krótkie, odbieramy wrażenie światła stałego, ciągłego; tak np. jeżeli będziemy zakrywali świecę 10 razy na sekundę, będziemy mogli widzieć wyraźnie przerwy w oświetleniu; jeżeli zaś urządzimy tak doświadczenie, że potrafimy zakryć świecę 30 — 50 lub więcej razy na sekundę, to powoli przerwy te się zlewają, stają się coraz mniej dostrzegalnymi, tak, iż w końcu otrzymamy wrażenie światła stałego. Przerwy te mogą być tem wolniejsze, im słabsze jest światło; również nie są one jednakowe dla rozmaitych barw; najkrótsze są wśród danego natężenia światła dla barwy żółtej.

Na tej własności zatrzymywania śladów wrażeń świetlnych w oku polega cały szereg złudzeń, które można wywoływać w rozmaity sposób. Jeżeli np. na zwykłym bąku umieścimy drucik od osi bąka pionowo ku górze i nieco odchylimy go w jedną stronę, a następnie odchylimy znowu koniec górny drutu ku linii środkowej i wprawimy bąka w ruch, to drucik wskutek tego, że wrażenie z każdego położenia podczas jego obrotu trwa w oku przez pewien czas, jeżeli obroty bąka są dość szybkie, wskutek zlewania się wrażeń, przedstawia się nam w postaci kieliicha przezroczystego, ustawionego nad bąkiem i obracającego się razem z nim. Na tej też własności oka polega stroboskop, kinematograf i rozmaite inne złudzenia tego rodzaju, które za pomocą ruchu odpowiednio dobranych rycin w oku wywołać można.

Czas, przez który wrażenie trwa w oku, zmienia się zależnie od siły wrażenia. Dwa następujące po sobie bezpośrednio podrażnienia przy

słabej sile światła mogą wywołać tylko jedno wrażenie, nawet w takim razie, jeżeli między jednym a drugim upływa około 0.1 sekundy; natomiast przy silniejszym stopniu oświetlenia, czas ten może się znacznie zmniejszyć i dojść nawet do $\frac{1}{50}$ sekundy. Fakt ten można zbadać w sposób najprostszy, posługując się również bakiem, zaopatrzonym dość dużym krążkiem poziomym; jeżeli na tym krążku położymy krążek papierowy, na którym naprzenian są ułożone promienisto równe, czarne i białe wycinki (wszystkie wycinki mają kąt równy) i wprawimy baką w ruch przy słabem oświetleniu, to miganie pojedynczych wycinków białych i czarnych znika już wtedy, gdy jeden wycinek przebiega przed okiem w ciągu $\frac{1}{10}$ sek.; w miarę jak wzrasta siła oświetlenia, musimy także zwiększyć szybkość obrotu krążka, aby nie odczuwać migań, lecz otrzymać wrażenie mieszane, w danym przypadku barwy szarej. Ślady wrażeń od silniejszych podrażnień słabną szybciej, niż ślady wskutek słabych podrażnień. Ta okoliczność jest drugim momentem, który sprawia, że wskutek tego też wrażenia przy silnych podrażnieniach światła trudniej się zlewają, niż przy słabych. Czas ten jest także różny dla rozmaitych barw; jak wykazały doświadczenia, najszybciej zlewają się ze sobą wrażenia w oświetleniu barwą żółtą, najpóźniej barwą błękitną a średnio szybko barwą czerwoną.

Nadmieniliśmy już wyżej, że do wywołania wrażenia potrzeba aby światło pewnej siły działało przez pewien czas na siatkówkę.

Czas ten zależy od czułości zakończeń nerwowych siatkówki; w ogóle można powiedzieć, że zakończenia te należą do najczulszych w ustroju, gdyż prawie nieskończenie mała ilość drgań eteru, dostając się do oka, może już wywołać wrażenie świetlne, chociażby działała przez bardzo krótki czas. Jeżeli siła światła jest dość znaczna, tak, że cały szereg przedmiotów może być oświetlony, a światło trwa przez bardzo krótki czas, np. światło iskry elektrycznej lub błyskawicy, to wszelkie przedmioty oświetlone, chociażby znajdowały się w bardzo szybkim ruchu, wydają się nam zupełnie nieruchomymi; tak się przedstawia pociąg w całym pędzie, lot ptaka i t. p. Oczywiście więc, działanie światła odbitego od tych przedmiotów na oko jest tak krótkie, iż przedmioty te, pomimo swego ruchu, nie zdążają w ciągu tego czasu zmienić swego położenia w przestrzeni.

Podmiotowa siła wrażenia zależy nie od ilości światła, lecz od wzajemnego stopnia oświetlenia rozmaitych przedmiotów; w ogóle im mniejsze jest natężenie światła, tem łatwiej możemy odczuwać zmiany w tem natężeniu; każdy zapewne obserwował, że oświetlenie pokoju

daleko więcej się zmienia przy nocnym kaganku wskutek zmian jego płomienia, niż przy zwykłym oświetleniu świecy, a tembardziej lampy, jakkolwiek i w tym ostatnim przypadku zmiany w ilości światła zachodzą wciąż i mogą być znacznie większe, niż owe zmiany w sile płomienia kaganka. Wrażenia te w ogóle wzrastają w miarę wzrastania siły światła, jednakże im silniejsze jest światło, tem większa musi być różnica w oświetleniu, ażebyśmy mogli odczuć pewną różnicą w naszych wrażeniach; fotometryczne np. pomiary mogą wykazywać bardzo znaczne różnice w świetle dwóch zwykłych lamp jeszcze wtedy, kiedy oko nasze już żadnej różnicy nie dostrzega. Różnicę tę jeszcze trudniej ocenić dla lamp elektrycznych; i zupełnie tracimy tę zdolność, jeżeli źródło światła jest jeszcze silniejsze, np. przy ocenie wrażeń, które wywołuje światło słoneczne. Podług Webera jednakże do każdego wrażenia świetlnego może być zastosowane to prawo, które stwierdzone zostało dla innych zmysłów, a mianowicie, że najmniejsze, odczuwane przez nas przyrosty wrażeń, powstają zawsze, gdy stosunek dwóch podrażnień do siebie jest jeden i ten sam; dla oka, przyjmuje Weber ten stosunek w przybliżeniu równym $99/100$, co ma znaczyć, że jeżeli pierwotne podrażnienie posiada siłę 1, to zwiększenie lub zmniejszenie tego podrażnienia o $1/100$ pozwala nam już odczuć różnicę we wrażeniu. To spostrzeżenie Webera zużytkował Fechner dla przedstawienia zależności między podniętą a wrażeniem; w tym celu oznaczał on nie tylko dla oka, ale i dla innych zmysłów, najśłabszą podniętę, która jest w stanie wywołać pierwsze najśłabsze wrażenie pewnej kategorii; jeżeli następnie siła podniety tak się zmieni, że będziemy mogli odczuć różnicę między pierwszym a drugim wrażeniem, to tę zmianę we wrażeniu przyjmuje Fechner za jednostkę wrażenia. Mierząc w ten sposób przyrosty podniety odpowiednio do najśłabszych zmian wrażeń, które to, zdaniem Fechnera, zawsze są jednakowe bez względu na siłę podrażnień, autor podał następujące prawo: *wrażenia wzrastają w prostym stosunku do logarytmów podnięt*. Dalsze i dokładniejsze badania nie stwierdziły w zupełności tego prawa, jakkolwiek w pewnych granicach jemu odpowiadały.

Już wyżej zaznaczyliśmy, że elementami wrażliwymi na działanie światła są pręciki i czopki; jako pojedyncze więc wrażenie musimy uważać takie, które powstaje wskutek podrażnienia tylko jednego elementu nerwowego; rzeczywiście, jeżeli patrzymy na gwiazdy lub na pojedyncze światelka, rozrzucone w polu widzenia, to jakkolwiek obrazy, powstające w oku, mogą być nawet mniejsze, niż przekrój jednego pręcika lub czopka, jeżeli tylko odległość tych obrazków przenosi odległość

jednego elementu od drugiego tak, iż każdy obrazek otrzymuje się na osobnym pręciku lub czopku, to odbieramy tyle wrażeń, ile było źródeł światła. Jeżeli obrazki powstają bliżej siebie, niż w odległości dwóch pręcików, to w takim razie wrażenia się z sobą zlewają i odbieramy tylko jedno wrażenie, które jest silniejsze, niż każde z pojedynczych tak, iż w takim razie następuje niewątpliwie zsumowanie się wrażeń. Te najmniejsze przestrzenie siatkówki, z których odbieramy wrażenia pojedynczych obrazów, nazywamy *polami wzrokowymi*. W ogóle więc można powiedzieć, że wrażenie wzrokowe powstaje każdorazowo, jeżeli chociażby część jakiegoś elementu wzrokowego została podrażniona; wrażenie w takim razie zawsze będzie całkowite, jak gdyby cały element został podrażniony. Jeżeli dwa zewnętrzne źródła światła dają obrazy przypadające na dwa sąsiednie pola, to każde z tych światła widzimy osobno, każde więc z nich wywołuje osobne wrażenie; jeżeli natomiast obrazki te układają się tak, że część każdego z nich przypada na sąsiednie pole, to w takim razie oba źródła światła wydają się nam jako jedno, nie widzimy żadnej przerwy między nimi i wrażenie świetlne wydaje się nam ciągiem.

Powidoki dodatnie i ujemne. Jeżeli wrażenia powstają w pojedynczych polach wzrokowych, to siła każdego z tych wrażeń nie zależy od innych, lecz tylko od bodźca z jednej strony i wrażliwości pola z drugiej strony. Jednakże trzeba ściśle odróżnić wrażenie wzrokowe od pola wzrokowego, wrażenie bowiem jest zjawiskiem, w wywołaniu którego bierze udział nie tylko siatkówka, lecz także nerw wzrokowy i odpowiednia część mózgu, pole wzrokowe zaś obejmuje tylko pewną część siatkówki; wrażenie wzrokowe jest jednostką psychiczną i powstaje wskutek współdziałania wszystkich składowych części narządu widzenia. Wprzód, nim powstaje wrażenie wzrokowe pod wpływem światła w siatkówce, zachodzą pewne zmiany, które są punktem wyjścia zmian w całym układzie wzrokowym. Oprócz tych zmian, któreśmy już widzieli w samej siatkówce pod wpływem światła, musimy jeszcze przyjąć zmiany innego rodzaju, których bezpośrednio wykazać nie możemy, lecz które poznajemy ze skutków. Zmiany te są stanem czynnym zakończeń nerwu wzrokowego; oczywiście, że natężenie stanu czynnego w samym nerwie musi pozostawać w pewnym stosunku z jednej strony do siły podniety, z drugiej do stopnia zmian, wywołanych w siatkówce czyli do pobudliwości samej siatkówki.

Na mocy ogólnych własności protoplazmy można z góry przyjąć, że jakkolwiek nieznaczne byłyby zmiany w samych zakończeniach ner-

wowych, w nerwach, lub ośrodkach nerwowych w mózgu, to jednakże one niewątpliwie muszą pociągać za sobą ten stan, który nazywamy w ogóle stanem znużenia. Jeżeli więc pewna płaszczyzna, na którą patrzymy, wydaje się nam białą, to wrażenie to powoli, w miarę patrzenia musi słabnąć i płaszczyzna powinna się wydawać coraz mniej jasną. Powierzchowne badania pod tym względem mogłyby rzeczywiście doprowadzić do błędnych wniosków, gdyż w ogóle rzadko ustawiamy oczy nasze na jeden i ten sam przedmiot, nie zmieniając zupełnie punktów, do których oko jest zaakomodowane; z drugiej strony jest rzeczą bardzo trudną, a nawet prawie niemożliwą, oceniać dwa wrażenia, które po sobie następują nie bezpośrednio, szczególnie, jeżeli przejście od jednego stopnia wrażenia do drugiego zachodzi powoli: lecz ściślejsze badanie i głębsze zastanawianie się nad tą sprawą przekonywają nas, że tak jest w rzeczywistości. Ażeby się o tem przekonać, wystarczy choćby następujące doświadczenie. Weźmy niewielki (5 cm.) kwadracik białego papieru i, ułożywszy go na czarnej podstawie, patrzymy na niego przez 20—30 sekund; następnie na tem samym miejscu położymy cały arkusz tego samego białego papieru; w tej chwili się przekonamy, że miejsce odpowiadające położeniu kwadracika papieru przedstawia się nam obecnie znacznie ciemniejszym, aniżeli reszta arkusza papieru; oczywiście więc elementy aparatu wzrokowego, które były czynne podczas otrzymywania wrażenia w chwili, kiedyśmy patrzyli na ów kwadracik papieru, wskutek swojej czynności zostały znużone i jakkolwiek, obecnie, gdy patrzymy na cały arkusz papieru są czynnymi, to jednakże nie mogą dostarczyć nam tej siły wrażenia, jakiej dostarczają elementy przedtem nieczynne. Zjawisko takie nazywamy *śladem wrażenia* czyli *powidokiem ujemnym* dla odróżnienia od tych powidoków, o których mówiliśmy wyżej, a które były następstwem przetrwania stanu czynnego. Jedno z tych zjawisk jednakże nie zostaje w żadnej sprzeczności z drugim; gdybyśmy bowiem położyli ów kwadracik papieru na szarej podstawie i następnie, po 12—15 sekundach patrzenia, przenieśli oko nasze na ciemną ścianę, tobyśmy na niej dostrzegli wyraźny, jasny obraz, odpowiadający owemu kwadracikowi; przenosząc zaś oko na biały papier, widzimy ten sam obraz mniej jasnym, więcej szarym; w pierwszym przypadku występuje powidok dodatni, w drugim ujemny. Powtarzając to doświadczenie, możemy się przekonać, że powidok ujemny jest tem ciemniejszy, im dłużej patrzymy na jasny kwadracik i im jaśniejszy jest kwadracik. Wszystko to przekonywa nas dostatecznie, że powidoki ujemne są następstwem znużenia czynnych części aparatu wzrokowego.

Nadto fakt, że już po kilku sekundach powidok jest dostatecznie wyraźnym, świadczy, że pobudliwość naszych elementów wzrokowych zmniejsza się stosunkowo bardzo prędko, czyli że te części aparatu wzrokowego nużą się bardzo łatwo. Według Exnera nawet mały ułamek sekundy wystarcza, aby wrażenie doszło do maximum i od tej chwili zaczęło słabnąć, wskutek znużenia wrażliwych elementów. W której części aparatu wzrokowego występuje owo znużenie, w gruncie rzeczy rozstrzygnąć trudno; fizyologowie przyjmują w ogóle, że najłatwiej się nużą elementy siatkówki, jednak nie ma najmniejszego powodu odnawiania tej własności także samym ośrodkom w mózgu, a nawet, zdaniem naszym, jest to więcej prawdopodobnem.

Dzięki metodzie Müllera, przebieg znużenia można do pewnego stopnia oznaczyć. W tym celu wykonywamy powyższe doświadczenie, oznaczając dokładnie czas, w ciągu którego patrzymy na kawałek białego papieru, następnie, przenosząc oko na biały papier obok plamy szarawej, która odpowiada pierwotnemu położeniu kwadrca białego papieru, układamy podobny kwadracik z papieru szarego, którego jasność jest dokładnie fotometrycznie określona, staramy się tak dobrać papier, ażeby wrażenie od szarego papieru równało się temu, które odbieramy, jako powidok (co drogą próby łatwo można osiągnąć); w ten sposób możemy do pewnego stopnia nawet ilościowo wyrazić stopień znużenia.

Z badań tego rodzaju wypada, że znużenie rozwija się z początku bardzo szybko, następnie coraz wolniej; oko, które wypoczywało przez całą noc, w ciągu pierwszych 5 sekund następnego dnia więcej się nuży, niż potem w ciągu całego dnia. Według Helmholtza, względny stopień znużenia nie zależy od siły podrażnienia; ma to znaczyć, że działanie pewnej podniety w ciągu pewnego czasu zmienia oko tak, że zawsze o jeden i ten sam ułamek zmniejsza się jasność pierwotna przedmiotu bez względu, czy siła podrażnienia jest większą, czy mniejszą. Prawo to stwierdzili także do pewnego stopnia Müller i Fick. Zjawiska znużenia i powidoków mają bardzo ważne znaczenie dla teorii widzenia barw, o czem będzie mowa niżej.

Jakość wrażeń.

Dotychczas rozważaliśmy wrażenia, wywołane działaniem światła, wyłącznie tylko ze względu na ich siłę i nie uwzględnialiśmy zupełnie

szczególnej cechy, którą wrażenia świetlne posiadają, a którą można nazwać jakością światła.

Za pomocą naszego oka odróżniamy bowiem nie tylko światło od ciemności, t. j. światło od braku światła, lecz także odczuwamy jeszcze zabarwienie światła. Z fizyki wiemy, że białe światło zawiera promienie o rozmaitej długości fal i że je można rozłożyć w rozmaity sposób na pojedyncze kategorie fal, jak to np. możemy obserwować, jeżeli światło dzienne przepuścimy przez zwykły pryzmat szklany, w takim razie światło białe daje nam cały szereg promieni barwnych, ułożonych w ściśle określony sposób; szereg ten nazywamy *widmem*.

W widmie odróżniamy następujące główne barwy: czerwoną, pomarańczową, żółtą, zieloną, niebieską, błękitną, czyli indygową i fioletową; nadto oko nasze pomiędzy temi barwami odróżnia jeszcze cały szereg barw przejściowych. Prócz tego znajdujemy jeszcze większą rozmaitość barw w otaczającej nas przyrodzie. Spotykamy bowiem tu także barwy, których wcale nie znajdujemy w widmie, np. purpurową, szkarłatną, szarą i t. p.

Ze względu na wrażenia, jakiego nam dostarcza widmo, moglibyśmy wprost wnioskować, że te jakościowe własności wrażen świetlnych są następstwem działania promieni o rozmaitej długości fal; jednakże bardzo proste spostrzeżenie i doświadczenie poucza nas, że cały szereg wrażen barwnych może być wywołany nie tylko przez fale pewnej długości, lecz także wskutek współczesnego działania kilku innych barw, wskutek współczesnego wywoływania wrażen za pomocą rozmaitych barw. Tak np. barwę purpurową możemy bardzo łatwo wywołać, jeżeli w jakikolwiek sposób wywołamy wrażenie barwy fioletowej i czerwonej, biorąc w pewnym stosunku promienie tych barw; również rozmaite odcienia barwy szarej możemy wywołać przez mieszanie wrażen barwy czarnej z białą, w końcu samo wrażenie barwy białej zostaje wywołane u nas nie przez fale pewnej długości, lecz przez mieszanie wrażen współczesnych, odbieranych wskutek działania fal rozmaitej długości. Oczywiście więc, że prócz długości fal, muszą tu pewną rolę odgrywać jeszcze inne czynniki.

Jeżeli na siatkówkę padają tylko promienie pewnej, ściśle ograniczonej, przestrzeni widma, to w takim razie odbieramy wrażenie tylko pewnej barwy bez żadnej domieszki innych wrażen; takie zabarwienie jedną tylko barwą nazywamy *nasyconem*. W naturze jednak w rzeczywistości takich zupełnie nasyconych barw nie spotykamy, przeciwnie, każde zabarwienie prócz głównej barwy, która nadaje charakter jako-

ściowy otrzymanemu wrażeniu świetlnemu, mamy zwykle jeszcze promienie, wywołujące inne wrażenia barwne, a w szczególności mamy mieszanie promieni, dających widmo, które wywołują wrażenie barwy białej.

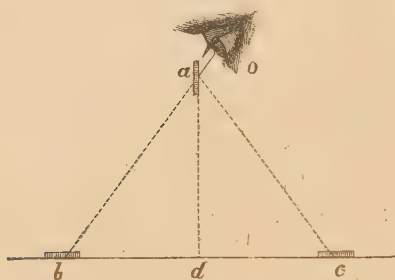
Od stosunku białego światła do głównej barwy zależy nasycenie danego zabarwienia, a stopień tego nasycenia określamy w języku potocznym wyrazami *jasny* i *ciemny*.

Badanie wrażeń, wywołanych za pomocą promieni mieszanych, można skutecznie w dwojaki sposób, albo mieszać z sobą barwki w pewnych stosunkach i w ten sposób wywoływać nowe barwy, albo mieszać z sobą pojedyncze barwy widma, jak to czynił Maxwell.

Doświadczenia z barwikami są mniej dokładne z tego względu, że każdy barwik już sam posiada barwę mieszaną i że substancje barwi-

kowe jednej barwy mogą pochłaniać promienie substancji barwicznej drugiej barwy: tak np. jeżeli współcześnie wywołujemy w oku wrażenie za pomocą promieni barwika żółtego i błękitnego (indigo), to otrzymujemy wrażenie barwy zielonej, gdyż każdy z tych barwików pochłania część barwy drugiego; indigo pochłania czerwone promienie barwika żółtego, zaś

Rycina 175.



żółty barwik pochłania błękitne promienie indyga i w ten sposób powstaje tylko barwa zielona; natomiast, jeżeli zmieszamy promienie żółte i błękitne (indygowe) widna, otrzymujemy wrażenie barwy białej. Lecz i z barwikami można otrzymać mniej więcej dokładne wyniki, jeżeli się posługujemy obrazami barwików, a mianowicie, jeżeli obraz jednego barwika przypada w tem samym miejscu siatkówki, gdzie przypada obraz drugiego barwika; czyli, jeżeli się sumują dwa wrażenia. Takie zlanie się dwóch wrażeń można otrzymać także, jeżeli obraz jednego barwika przypada na siatkówce w tem samym miejscu, gdzie przedtem działały promienie innego barwika, wprzód, nim ślad działania pierwszego barwika ustąpi.

W celu wywołania w oku dwóch wrażeń współczesnych od dwóch rozmaitych barwików, postępujemy, według Helmholtza, w sposób następujący: Najprzód wykrawamy dwa jednakowej wielkości kawałeczki papieru, z których każdy jest zabarwiony inną barwą, następnie ukła-

damy je na stole jeden obok drugiego (patrz ryc. 175 *a* i *b*) i ustawiamy między nimi prostopadle przezroczystą szybę szklaną. Teraz patrząc jednym okiem z góry, ustawiamy szkło tak, aby obraz kawałka papieru, odbity z jednej strony, zupełnie odpowiadał rzeczywistemu obrazowi z drugiej strony; w chwili, kiedy to nastąpi, odbieramy wrażenie barwy mieszanej.

W tym samym celu możemy się także posługiwać zwykłym bąkiem, układając na jego krążku wycinki barwne z papieru i wprawiając go w ruch. Ponieważ podczas szybkiego ruchu bąka, obraz każdego barwnego wycinka pada na oko wcześniej, niż znika ślad od poprzedniego wycinka, wskutek tego i w tym przypadku otrzymamy także zlewanie się samych wrażeń.

Za pomocą przytoczonych wyżej sposobów, możemy stwierdzić następujące fakta:

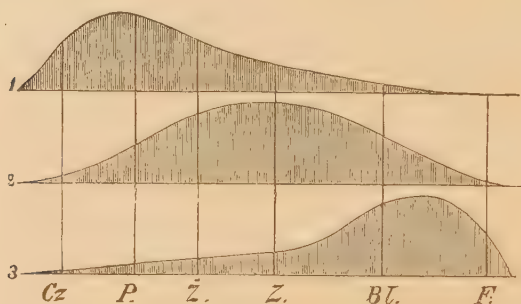
1) Działając na siatkówkę współcześnie światłem czerwonym i żółtym, otrzymujemy wrażenie barwy pomarańczowej. Wrażenie to zasadniczo niczem się nie różni od wrażenia, które wywołuje odpowiednia okolica widma słonecznego, jakkolwiek przyczyna tych wrażeń w obu razach jest różna; podczas gdy w widmie wrażenie to wywołują promienie o pewnej długości fali, wrażenie pomarańczowej barwy wskutek mieszaniny żółtych i czerwonych promieni powstaje skutkiem zlania się barwy czerwonej i żółtej; w tym przypadku mieszają się ze sobą nie promienie czerwone i żółte, lecz wywołane przez nie wrażenia, czyli zachodzi zlewanie się ze sobą dwóch zjawisk fizjologicznych. Trudno jednakże przypuszczać, ażeby dwie różne przyczyny wywoływały zupełnie ten sam skutek, a mianowicie, ażeby promienie o pewnej długości fali (pomarańczowe widma) wywoływały to samo zjawisko, jakie dają dwa inne promienie niejednakowej długości fal, lecz działające współcześnie. Wypada przeto przypuścić, że samo wrażenie, występujące jako czucie pomarańczowej barwy, wywołane falami pewnej długości, jest zjawiskiem złożonym, którego elementy powstają tak wskutek pewnych różnic, jakie istnieją pomiędzy samymi promieniami pomarańczowymi, jak również wskutek różnic pomiędzy promieniami czerwonymi i żółtymi.

2) Barwę białą możemy otrzymać przez mieszanie z sobą następujących barw: czerwonej z zieloną, pomarańczowej z błękitną, żółtej z indygo-błękitną, zielonkawo-żółtej z fioletową. Barwy te nazywamy *dopełniającemi*; do nich musimy jeszcze dodać barwę purpurową i zieloną, które zmieszane dają także wrażenie barwy białej.

3) Biorąc jakiegokolwiek 3 barwy widma najbardziej odległe od siebie, np. czerwoną, zieloną i fioletową i mieszając je z sobą w pewnym stosunku, możemy zawsze otrzymać barwę białą; a nadto dodając do każdej pary tych barw promieni białych można z nich otrzymać wszystkie inne barwy, wskutek czego nazwano je barwami głównymi.

Dla wytłumaczenia tych zjawisk Young a następnie Helmholtz przyjmują następującą hipotezę: Siatkówka nasza posiada w gruncie rzeczy trzy rodzaje elementów, które niejednakowo są wrażliwe na fale świetlne trzech wymienionych wyżej barw zasadniczych (p. ryc. 176), podczas gdy jedne są najbardziej wrażliwe na promienie pomarańczowe, wrażliwość ich na inne promienie stopniowo się zmniejsza; drugie są przeważnie wrażliwe na barwę zieloną, a trzecie na promienie wywołujące barwę błękitną. Jeżeli więc patrzymy na barwę czerwoną, to

Rycina 176.



jak widzimy z szematu, zostają podrażnione elementy tylko pierwszej kategorii i wywołują u nas poczucie barwy czerwonej; jeżeli następnie weźmiemy promienie tej długości fali, która odpowiada barwie pomarańczowej, to widzimy, że fale te najsilniej drażnią pierwsze elementy, dość znacznie drugie i nieco trzecie; wrażenie w ten sposób otrzymane będzie złożone i przedstawi się w naszej świadomości jako barwa pomarańczowa i t. d., aż do barwy fioletowej wszystkie wrażenia będą złożone, wrażenie zaś barwy fioletowej powstanie wskutek działania promieni wyłącznie tylko na trzecią kategorię elementów. .

Hipoteza powyższa tłumaczy bardzo dobrze t. zw. powidoki barwne ujemne, o których jeszcze nadmienimy niżej. Jeżeli np. patrzymy na czerwoną plamę przez pewien czas i następnie przeniesiemy oko na biały papier, to w tej chwili powstaje na nim obraz plamy zielonkawo-

błękitnej; jestto zatem powidok ujemny, zabarwiony barwami dopełniającymi. Tak samo barwa pomarańczowa daje ujemny powidok barwy żółto-zielonej, żółto-fioletowej, pomarańczowo-błękitnej i na odwrót i t. d.

Podług teorii Younga-Helmholtza zjawiska te zależą od znużenia odpowiednich elementów: patrząc na płamę czerwoną znużyliśmy elementa wrażliwe na tę barwę; gdy następnie przenosimy oko na biały papier, elementa barwy czerwonej nie mogą już odczuwać działania promieni, zawartych w świetle białem i wskutek tego tylko inne promienie mogą działać na elementa nieznużone siatkówki, mianowicie na drugą i trzecią kategorię i wywołać wrażenie barwy zielono-błękitnej. Również przenosząc oko z przedmiotu zielonego na papier żółty, otrzymamy wrażenie barwy czerwono-żółtej.

O ile jednakże powyższa teoria łatwo nam tłumaczy powidoki ujemne, o tyle nie wystarcza do wytłumaczenia powidoków dodatnich; jeżeli bowiem możemy sobie łatwo przedstawić, że wskutek znużenia pewnych elementów pod wpływem barwy czerwonej, po przeniesieniu oka na białą powierzchnię, będziemy w stanie odczuwać tylko barwy dopełniające dzięki temu, że zostają podrażnione elementa nie znużone, to w jaki sposób wytłumaczyć sobie, dlaczego zamykając oczy po długiem patrzeniu na płamę czerwoną i zakrywając je tak, ażeby żaden promień światła do nich się nie dostał, odbieramy wrażenie, jakbyśmy w dalszym ciągu patrzyli na tę płamę, t. j. otrzymujemy powidok dodatni.

Również hipoteza ta nie tłumaczy tych powidoków, które powstają wskutek działania światła białego, jeżeli bowiem przez czas dłuższy patrzymy na okno, którego ramy wyraźnie się rysują na naszej siatkówce, a następnie szczelnie zamkniemy powieki, a nadto przykryjemy oczy ręką, to otrzymamy wrażenie świetlne, które będzie się składało z jasnego obrazu ramy i ciemnych przestrzeni odpowiadających szybom; zjawiska tego powyższa hipoteza nie tłumaczy wcale.

Za tą hipotezą przemawia jednakże bardzo energicznie fakt t. z. ślepoty barwnej wrodzonej, czyli daltonizmu. Taką kompletną ślepotę barw posiadał Hugo Magnus, który bardzo dobrze odróżniał kształty przedmiotów, lecz wszystkie barwy redukowały się u niego do dwóch, mianowicie do pocucia barwy jasnej i ciemnej.

Zjawisko to w ogóle spotykamy dość często i najczęściej polega ono na braku zdolności do odczuwania barwy czerwonej i odróżniania jej odcieni; inne rodzaje daltonizmu, t. j. brak pocucia innych barw, należą do zjawisk rzadszych. Podług badań Jeffriesa przeprowadzanych na 17.327 mężczyznach i 13.813 kobietach, daltonizm częściej spotyka

się u mężczyzn, gdyż z powyższej liczby mężczyzn daltonistów było 724 czyli 4.2%, kobiet zaś tylko 10 czyli 0.07%. Z tych danych możnaby wnosić, że ten mniejszy stosunkowo procent kobiet nie wrażliwych na barwy, czyli lepiej wykształcony zmysł widzenia barw u kobiet zależy od charakteru ich zajęć; kobiety od dzieciństwa o wiele więcej mają do czynienia z barwami i wskutek tego oko ich okazuje się więcej wykształconem w tym względzie, niż oko mężczyzn.

W celu rozpoznania daltonizmu można się posługiwać rozmaitymi sposobami; najbardziej dogodny i rozpowszechniony jest sposób dobierania różnokolorowych włóczek. Doświadczenie samo wykonywa się w sposób następujący: Badana osoba mając kłębek włóczki pewnej barwy stara się dobrać inny, najbardziej barwą do pierwszego zbliżony; jeżeli wzorki używane mają pewne numery, w takim razie można nawet oznaczyć stopień niewrażliwości na pewną barwę. To samo badanie można uskutecznić za pomocą barwnych papierków lub płamek pomarańczowych na papierze, jednak pierwszy sposób jest bardziej dogodnym i może być zastosowany tak u dzieci i osób małej inteligencji, jak u starszych i najinteligentniejszych.

Już ta mniejsza lub większa wrażliwość na barwy świadczy, że poczucie barw jest rzeczywiście zjawiskiem fizyologicznem, do którego ustrój może posiadać mniej lub więcej odpowiednie narządy i mniejszą lub większą wprawę, zależnie od wykształcenia narządów. Jako dowód może służyć ten fakt, o którym wspomnieliśmy, że wrażliwość na odczuwanie barw u rozmaitych osób jest niejednakową; podczas gdy oko wrażliwe i wyćwiczone np. malarza może odczuwać najmniejszy odcień tej lub innej barwy, oko niewprawne wśród tych samych barw nie dostrzega nawet bardzo znacznych różnic.

Pomimo indywidualnej wrażliwości na barwy, istnieje jeszcze pewna różnica w działaniu rozmaitych promieni na każde oko, co ma znaczyć, że pewne fale silniej podniecają oko, niż inne wśród jednych i tych samych pod każdym innym względem warunków. Czysto subiektywna siła wrażenia, jakie rozmaite barwy wywołują, jest tego rodzaju, że wrażenie wydaje się nam najsilniejszym pod wpływem działania promieni tej długości fal, które odpowiadają barwie żółtej, najmniej silnem wydaje nam się wrażenie barwy błękitnej i fioletowej. Wskutek tego, gdy oświetlenie jest słabe, jak np. światło księżyca, mamy wrażenie, że wszędzie przeważają promienie błękitne, a znacznie słabiej występują promienie żółte i czerwone; złąd to pochodzi, że jeżeli patrzymy na otoczenie przez szkło żółte, to nawet w dzień po-

chmurny odbieramy wrażenie jasnej pogody i światła słonecznego, jakby w lecie, natomiast patrząc przez szkło błękitne doznajemy wrażenia, które przypomina nam noc księżycową lub krajobraz zimowy. Stąd też prawdopodobnie weszło w użycie u malarzy dzielenie barw na ciepłe i zimne.

Na poczucie barw ma także wpływ, jakkolwiek prawdopodobnie w małym stopniu, barwik samej siatkówki; tak np. barwik żółtej plamki absorbuje promienie błękitne i zielone, wskutek czego każdy obraz białej plamy, powstając na żółtej plamce, ma zabarwienie lekko żółtawe. Tę własność oka można udowodnić w bardzo prosty sposób za pomocą następującego doświadczenia Maxwella. Jeżeli sporządzimy dość zgęszczony roztwór alunu chromowego, który przepuszcza tylko promienie czerwone i zielono-błękitne i patrzymy przezeń w ten sposób, że jego obraz powstaje na żółtej plamce, to wskutek absorbowania promieni zielonych i błękitnych, roztwór wydaje się nam czerwonym, podczas gdy na całym obwodowym polu siatkówki ma on barwę purpurową, która przez kontrast wywołuje na samej żółtej plamce odcień różowy.

Prócz teorii Young-Helmholtza, która, jak widzieliśmy wyżej, przyjmuje 3 zasadnicze wrażenia barwne, a powstawanie ich tłumaczy przypuszczeniem istnienia 3 rodzajów zakończeń nerwowych w oku, istnieje jeszcze druga hipoteza Heringa, podług której posiadamy w oku również 3 rodzaje substancyj, czy też zakończeń nerwowych, lecz jeden z nich służy do otrzymywania wrażeń czarnych lub białych, drugi czerwonych lub zielonych, w końcu trzeci żółtych lub fioletowych. Ta zdolność wywoływania wrażeń antagonistycznych, jest, zdaniem autora, następstwem bądź dyssymilacji, bądź assimilacji, zachodzących pod wpływem promieni świetlnych w samych zakończeniach nerwowych. Wrażenia barwy białej są, zdaniem Heringa, następstwem dyssymilacji, barwy czarnej, następstwem assimilacji. Co do dwóch innych par autor dowolnie przyjmuje, że poczucie barwy jednej odpowiada assimilacji, barwy drugiej dyssymilacji. Jeżeli zachodzi zupełna równowaga między assimilacją a dyssymilacją, to w pierwszym przypadku mamy wrażenie barwy szarej, w dwóch drugich przypadkach nie otrzymujemy żadnych wrażeń.

Jakkolwiek hipoteza Young - Helmholtza nie wystarcza do wytłumaczenia niektórych zjawisk u ludzi, cierpiących na ślepotę barwną i jakkolwiek niektóre z tych faktów dałyby się wytłumaczyć na podstawie hipotezy Heringa, to jednakże ta ostatnia wydaje się bardziej sztuczną i nie przedstawia nie tylko faktów, które byłyby dla niej pod-

stawą, ale nawet żadnych analogij w ustroju. Dla tego też więcej prawdopodobną wydaje się być teoria Young-Holmholtza. Helmholtz, przyjmując osobne zakończenia dla czuć pojedynczych barw zasadniczych, szczególnie łatwo wprawiane w stan czynny pod wpływem fal eteru pewnej tylko długości i ilości, a następnie budzące czucia tylko pewnej barwy, stanął tem samem na stanowisku specyficznej energii nerwów, a więc faktów, dla których mamy analogię we wszystkich zjawiskach nerwowych, faktów zaś analogicznych, któreby wskazywały, że podczas assimilacyi w nerwach lub zakończeniach nerwowych powstają w układzie środkowym innego rodzaju czucia, niż podczas dyssymilacyi, dotychczas absolutnie nie znamy. Zresztą teoria Heringa również nie tłumaczy wszystkich faktów. Dla przykładu można przytoczyć następujący: dla wywołania czuć każdej barwy potrzeba światła pewnej siły, w miarę jednak, jak ta siła się zwiększa, coraz wybitniej występuje domieszka barwy białej i przeciwnie, w miarę, jak się zmniejsza, wszystkie barwy bez wyjątku stają się ciemniejsze i dają w końcu poczucie barwy czarnej. Na podstawie hipotezy Heringa faktu tego wytłumaczyć niepodobna.

Wyobrażenia wzrokowe.

Widzenie za pomocą jednego oka.

Dotychczas rozważyliśmy tylko zmiany, które promienie świetlne wywołują w siatkówce i kosztem których powstają w naszej świadomości najprostsze wrażenia świetlne. Lecz nawet w tym przypadku, kiedy patrzymy jednym okiem na znajdujące się przed nami przedmioty, każdy przedmiot wywołuje naraz kilka rozmaitych rodzajów czuć. I rzeczywiście, zależnie od jakości promieni, które wysyła, każdy przedmiot wywołuje u nas na siatkówce zmiany, jak widzieliśmy wyżej, nie jednakowe, a skutek tych zmian powstaje naraz poczucie mniejszej lub większej intensywności oświetlenia siatkówki, więc czucia białej lub innych barw; dalej widzieliśmy, że zależnie od kształtu przedmiotu zmienia się także obraz otrzymany na siatkówce, a więc ulega zmianie i stosunek podrażnionych elementów; prócz tego, jak wiemy, wielkość tego obrazu zależy od odległości przedmiotu od oka tak, że ten sam przedmiot zblizka może dać obraz rozłożony znacznej części elementów siatkówki, zdaleka zaś tylko na bardzo małej ich ilości. Ponieważ w otaczającej nas przestrzeni, na rozmaitych odległościach znajduje się mnó-

stwo rozmaitych przedmiotów, z których każdy, a nawet jeden punkt powierzchni każdego, może być punktem świecącym dla naszego oka. skutkiem tego w każdej chwili, gdy się znajdujemy w przestrzeni oświetlonej, na całej powierzchni naszej siatkówki rysują się obrazy tych wszystkich przedmiotów.

Obrazy te różnią się między sobą: jedne są mniej wyraźne, niż inne, drugie przedstawiają różnicę cieniów, mniej lub więcej oświetlonych białem światłem, trzecie mają charakter barwnych plam, w końcu czwarte różnią się pomiędzy sobą tylko wielkością. Cała ta mozaika różnorodnych obrazów tworzy razem to, co nazywamy *polem widzenia*. Oczywiście, że pole widzenia zmienia się podczas każdego ruchu naszego oka i odpowiednio do tych ruchów przedstawia nam coraz inne szeregi czuć, z których najdokładniej odczuwamy tylko te, na których skupiamy naszą uwagę; w warunkach zaś zwyczajnych tylko te, które powstają na żółtej plamce, natomiast wszystkie inne wrażenia, jakkolwiek i one dochodzą do naszej świadomości, rysują się w niej tak niewyraźnie, że je zwykle pomijamy zupełnie.

To pole widzenia dla jednego oka obejmuje w płaszczyźnie poziomej kąt około 145° , w płaszczyźnie pionowej około 100° ; dla obu oczu oczywiście pole to jest większe, mianowicie w płaszczyźnie poziomej wynosi prawie 180° .

Cała mozaika obrazów, rysujących się mniej lub więcej wyraźnie na siatkówce, ma tę własność, że dla każdego z nich możemy oznaczyć położenie względem innych, jednym słowem, możemy każdy z tych obrazów zlokalizować w stosunku do innych. Jednakże wyobrażenie o położeniu przedmiotu, które posiadamy w naszej świadomości na podstawie czuć, może zupełnie nie odpowiadać rzeczywistemu położeniu jego, gdyż dzięki własności, o której mówiliśmy wyżej, każde czucie wywołane w oku odnosimy na zewnątrz w kierunku linii kierujących, które prowadzą z danego punktu siatkówki przez punkty węzłowe, o czym poucza każdego codzienne doświadczenie. Każdemu z nas wiadomo, że gdy patrzymy przez szkło, wodę, pryzmat szklany, a nawet przez okulary na otaczające nas przedmioty, to położenie ich nie odpowiada temu, które w naszej wyobraźni im przypisujemy.

Czucia wzrokowe jednakże same przez się nie wystarczają do wytworzenia wyobrażenia o otaczających nas przedmiotach. Wyobrażenia powstają dopiero wskutek współczesnego lub następczego powstawania innych czuć, otrzymanych za pomocą innych zmysłów.

Na podstawie samych obrazów, które na siatkówce powstają, nie tylko nie możemy sądzić o wzajemnem położeniu przedmiotów, ale także o ich odległości od oka, jak również o odległości jednego punktu pewnego przedmiotu od drugiego. Oceniać stosunki między przedmiotami pod tym względem uczymy się także za pomocą innych zmysłów, np. dotyku, czucia mięśniowego i t. p. Jakkolwiek więc w naszych wyobrażeniach o świecie zewnętrznym przedewszystkiem wyrażnie i na pierwszym planie występują obrazy wzrokowe przedmiotów, to jednakże ich wielkość, odległość od oka i stosunek do innych, tylko wtedy oceniamy prawidłowo, jeżeli dany przedmiot poznajemy dokładnie za pomocą kilku innych zmysłów; w gruncie rzeczy więc wszelkie wyobrażenia wzrokowe nie są czysto wzrokowymi, lecz są albo stanami złożonymi, w wytworzeniu których biorą udział czucia i wrażenia, otrzymane za pomocą innych zmysłów, albo są stanami, które wprawdzie zostają wywołane przez czucia wzrokowe, jednakże własności tych przedmiotów i ich stosunek do innych, poznajemy i oceniamy tylko za pomocą innych środków. W takim razie zwykle do wytworzenia wyobrażenia wzrokowego o pewnym przedmiocie dopomaga nam osobna czynność układu nerwowego, którą nazywamy sądem, a która jest wynikiem wielokrotnego doświadczenia, tak np. kościół, widziany z odległości, i drzewko, stojące obok nas, mogą dawać na siatkówce obrazy równe co do wielkości, a nawet obraz drzewka może być większym, niż obraz kościoła, a jednak wskutek doświadczenia, któregośmy nabyli i które nas pouczyło, że kościół zawsze jest większy, niż drzewko, w wyobrażeniu naszym ani na chwilę nawet nie powstanie przypuszczenie, że ten z daleka widziany kościół jest mniejszym od drzewa. Na tem doświadczeniu polega także fakt, że pomimo, iż wszystkie obrazy na siatkówce układają się właściwie w jednej płaszczyźnie, każdy przedmiot przez nas widziany daje wyobrażenie przedmiotu trójwymiarowego; na podstawie tej samej własności rozpoznajemy głębokość, odległość, wypukłość i t. p. własności przedmiotów.

W tym ostatnim względzie bardzo ważną rolę, jak to wyjaśnimy niżej, odgrywają wrażenia mięśniowe wskutek akomodacji każdego oka i zbieżności obu ocz, oraz mniejsze lub większe rozproszenie obrazów od ułożonych dalej lub bliżej części widzianego przedmiotu. Wyrazistość więc i dokładność obrazu przedmiotu, który widzimy, zależy nie tylko od obrazu optycznego w oku, lecz jest zarazem zależną od czynności psychicznej, która uzupełnia optyczne niedokładności i braki. I tu więc mamy ten sam fakt, z którym już spotkaliśmy się przy onawia-

niu ślepej plamki; widzieliśmy, że jakkolwiek niewątpliwie w pewnej części siatkówki nie odbieramy żadnych wrażeń i jakkolwiek część ta odpowiada na zewnątrz dość znacznej przestrzeni, to jednakże patrząc na jakikolwiek przedmiot, lub cały szereg przedmiotów, nie widzimy w naszym polu widzenia żadnej przerwy, żadnej luki, któraby odpowiadała ślepej plamce, lecz przeciwnie, otrzymane wrażenie jest ciągle, bez żadnych luk; oczywiście więc ten brak wrażeń zostaje uzupełniony wskutek czynności psychicznej.

Wszelako trzeba przyznać, że w ocenianiu wzajemnych stosunków w położeniu przedmiotów, widzianych przez nas, główną rolę odgrywa siatkówka. Ten stosunek obrazów, jak widzieliśmy wyżej, jest odwrotny względem przedmiotów. a mianowicie, jeżeli wyobrazimy sobie jedną płaszczyznę, idącą przez środek oka pionowo, drugą poziomą i tak oko, jak również przestrzeń przed okiem, t. j. pole widzenia rozdzielmy temi płaszczyznami na 4 części, to między tymi odcinkami zachodzi taki stosunek, że każdy przedmiot znajdujący się w odcinku dolnym lewym pola widzenia, daje obraz w odcinku górnym prawym siatkówki, zaś przedmiot w odcinku górnym lewym pola widzenia, daje obraz w odcinku dolnym prawym siatkówki i odwrotnie, przyczem sam obraz na siatkówce, jeżeli jest rzeczywistym, jest odwróconym. Jest to także niewątpliwie wpływ czynności psychicznej, że pomimo, iż w ogóle wszystkie rzeczywiste obrazy, które na siatkówce otrzymujemy, są odwróconemi, wszystkie przedmioty widzimy w ich rzeczywistem prostem położeniu. To widzenie przedmiotów w stanie prostym ułatwia z jednej strony brak porównania, ponieważ wszystkie przedmioty bez wyjątku dają obrazy odwrócone, z drugiej, doświadczenie, którego nabywamy od pierwszych objawów naszej świadomości, a które nas stanowczo przekonywa, że jeżeli na siatkówce powstaje obraz pewnego przedmiotu, np. lampy, to dolna część tego obrazu zawsze odpowiada górnej części przedmiotu i odwrotnie — górna obrazu dolnej przedmiotu. Temu ocenianiu pomagają inne zmysły, a zwłaszcza dotykanie i zmysł mięśniowy.

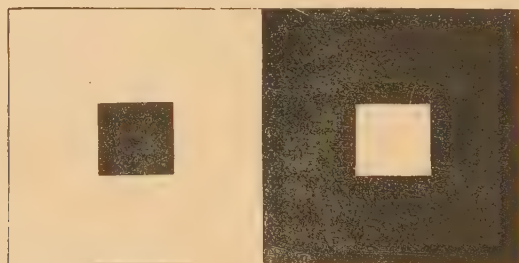
Podmiotowe zmiany wrażeń wzrokowych.

Już z tego, cośmy powiedzieli wyżej, że ten stan mózgu, dzięki któremu u nas powstaje wyobrażenie pewnego przedmiotu, może nie zupełnie ściśle odpowiadać wrażeniom, dostarczany przez siatkówkę, jak również z całego szeregu faktów, poprzednio wyłożonych, można się przekonać, że wrażenie, a nawet najprostszy stan czucia wzroko-

wego, które zostają wywołane promieniami świetlnymi w oku, oddziałują wzajemnie na siebie i wzajemnie się modyfikują tak, iż fizyczne obrazy na siatkówce i psychiczne obrazy w mózgu mogą zupełnie sobie nie odpowiadać. Jedne z przyczyn, które tę nieodpowiedniość powodują, mogą leżeć w samej siatkówce, mogą polegać na większej lub mniejszej pobudliwości elementów tejże, jednym słowem polegać na niejednakowym odczuwaniu działania światła, inne znowu mogą zależeć od podobnych różnic w elementach aparatu wzrokowego w mózgu i w końcu mogą istnieć jeszcze trzecie przyczyny, które wypada zaliczyć do tych skomplikowanych czynności mózgu, o których już wspominaliśmy wyżej, mianowicie do sądów i wnioskowań, które mogą być także fałszywe. Do kategorii tych zjawisk wypada zaliczyć 1) irradycję, 2) powidoki dodatnie i ujemne i 3) kontrasty następcze i współczesne.

Przez *irradycję* rozumiemy fakt, że jasne przedmioty na ciemnym tle wydają się nam większemi, przeciwnie zaś ciemne na jasnym tle

Rycina 177.



mniejszych niż są w rzeczywistości. Tak np. biała plama (p. ryc. 177) lub krążek na ciemnym tle wydają się znacznie większemi, niż zupełnie tej samej wielkości ciemna plama obok na białym tle, również białe paski poprzegradzane czarnymi tej samej wielkości wydają się szerszymi niż czarne; jasną połowę księżyca widzimy znacznie większą niż ciemną, cienki drucik, rozpatrywany przed lampą lub świecą, wydaje się przerwany, ta sama osoba w ciemnym lub czarnym ubraniu wydaje się cieńszą, niż w jasnym i t. p. Różnica ta tem wybitniej występuje, im mniej dokładna jest akomodacja i dla tego fakt irradycji tłumaczymy obecnie wpływem kręgów rozproszenia, jakkolwiek w fakcie tym biorą niewątpliwie udział i pewne procesy psychiczne. Jednym z takich jest np. własność naszego umysłu, wskutek której przestrzenie na wpół oświetlone, na pograniczu dwóch różnie oświetlonych płaszczyzn

przyłączamy zwykle do tej, która promieniami swymi silniej drażni nasze elementa nerwowe. Wskutek tego zawsze, czy biała plama leży na czarnem tle, czy czarna na białem, białe pole się rozszerza kosztem czarnego. Przypuszczenie dawniejsze rozchodzenia się podrażnienia na sąsiednie elementa nie jest udowodnione dla oka i nie jest dopuszczalne na podstawie wiadomości z zakresu innych czynności układu nerwowego.

Powidoki. Zjawiska te już w części omówiliśmy wyżej przy teorii Young-Helmholtza. Widzieliśmy tam, że jeżeli przez pewien czas otrzymujemy na siatkówce obraz jakiegoś przedmiotu, to w chwili, kiedy przedmiot znika, obraz jego jeszcze jakiś czas pozostaje na siatkówce, t. j. stan czynny trwa w tem miejscu, gdzie przedtem był obraz przedmiotu. Ślad taki np. powstaje, jeżeli patrzymy przez dłuższy czas na jasny przedmiot, a następnie zamkniemy szczelnie powieki i zakryjemy je ręką. Wskutek tego przetrwania stanu czynnego na siatkówce powstają obrazy, nie odpowiadające rzeczywistości, tak np. punkt poruszający się jako linia, ruch przerywany jako jednolity; jeżeli np. zapalimy zapałkę i będziemy ją poruszać szybko, to ujrzymy jasną taśmę, tworzącą koło; ślad wywołany przez żarzący się węgiel zapałki w jednym punkcie trwa dłużej, niż czas potrzebny do zatoczenia ręką całego koła i dla tego wydaje się nam oświetlonem całe koło. Również w stroboskopie, taumotropie lub kinematografie, w których przed okiem obraca się krążek lub cylinder, opatrzone na obwodzie obrazkami, które przedstawiają rozmaite okresy, jakiegoś ruchu. np. konia w galopie, wskutek przetrwania śladów i zlewania się ich, otrzymujemy wrażenie zupełnie podobne do tego, jakie wywołuje ruch ciągły, np. rzeczywisty koń w galopie.

Ślady czyli *powidoki* bywają dwojakiego rodzaju: *dodatnie*, jeżeli mają ten sam charakter, co obraz, i *ujemne*, jeżeli są odwrotne, t. j. jeżeli obraz był jasny, a powidok ciemny. Te ostatnie, jak się zdaje, powstają wskutek nadmiernego znużenia tych elementów, które przez czas dłuższy w stanie czynnym pozostawały. Oba rodzaje powidoków mogą się zamieniać, jeżeli np. patrzymy na okno przez dłuższy czas i następnie przenosimy oko na równomiernie jasną matową powierzchnię: to w pierwszej chwili może powstać powidok dodatni, który jednakże szybko zmienia się na ujemny, a nawet zmiana ta może następować kilkakrotnie.

Tak samo rzecz się ma i z wrażeniami barwnymi; również i tu otrzymujemy powidoki dodatnie, t. j. mające tę samą barwę, co obraz.

i powidoki ujemne, t. j. zabarwione barwami, dopełniającemi barwy przedmiotu. Powidoki takie nazywamy *barwnymi* lub kontrastami barwnymi; ściśle rzecz biorąc, nie posiadają one barwy dokładnie dopełniającej, lecz bardzo zbliżoną. Powidoki barwne dodatnie i kontrasty barwne otrzymać można wyraźnie w sposób podany wyżej, tylko w okolicy jasnego widzenia; na obwodzie siatkówki występują one nieco odmiennie, a u osób cierpiących na ślepotę barwną, w każdym przypadku inaczej.

Podczas gdy powidoki dokładnie tłumaczymy przetrwaniem wrażeń, ujemne najłatwiej można wytłumaczyć na podstawie teorii Young-Helmholtza i przypuszczenia, że one są następstwem znużenia tych elementów siatkówki, na których przedtem obraz przedmiotu się znajdował.

Zaś zmiany powidoków dodatnich na ujemne można sobie tłumaczyć kolejną zmianą siły wrażenia, dochodzącego do świadomości wskutek znużenia rozmaitych części nerwowego aparatu wzrokowego i kolejnego ich wypoczynku. Teoria Heringa tłumaczy te zjawiska na podstawie asymilacji, która ma występować w ślad za znaczną dysymilacją, lub dysymilacji, która ma występować po obfitej asymilacji.

Kontrasty współczesne. Do tej kategorii należy cały szereg zjawisk, które spotykamy w codziennem życiu, np.

1) Jeżeli na czarnem polu umieścimy biały krążek, to z jednej strony brzeg czarnego pola wydaje się znacznie ciemniejszym, niż samo pole, z drugiej brzeg białego krążka wydaje się znacznie jaśniejszym, niż jego środek.

2) Jeżeli biały krzyż umieścimy na czarnem polu, to środek krzyża występuje jako wyraźnie ciemny krzyżyk.

3) Jeżeli na krążku obracamy, np. bąka za pomocą, krążek papierowy, zawierający wycinki białe i czarne, tak, iż podczas obrotu otrzymujemy szereg współśrodkowych szarych kół coraz jaśniejszych ku obwodowi, to każdy ciemny krążek, pomimo że jest jednakowo zabarwiony, wydaje się nam ciemniejszym na pograniczu, a jaśniejszym w środku i każdy jasny krążek jaśniejszym na pograniczu a ciemniejszym w środku. Podobny krążek z wycinkami czerwonymi i błękitnymi daje barwę fioletową, która na pograniczu z czerwoną ma odcień fioletowo błękitny, na pograniczu z błękitną odcień fioletowo czerwony.

4) Jeżeli na zielonym papierze położymy kawałeczek szarego papieru i zakryjemy wszystko cienką bibułą, to część bibułki pokrywająca szary papierek przybiera zabarwienie różowe, którego nie otrzy-

mujemy, jeżeli zamiast szarego papierka bierzemy biały, lub jeżeli ten szary papierek odgraniczymy czarną linią.

5) Jeżeli oświetlimy pokój przez mały otwór w okienicy światłem dziennem i jednocześnie zapalimy lampę lub świecę, to otrzymując cienie na białym ekranie od ołówka stojącego pionowo, spostrzegamy, że jeden cień jest zabarwiony błękitnawo, drugi żółtawo. Jeżeli na to miejsce, gdzie ma paść cień błękitnawy, patrzymy przedtem przez rurę tak, ażeby cień żółty nie był widziany, to otrzymujemy tylko bardzo lekkie przyciemnienie barwy białej, barwa zaś błękitna nie występuje.

6) Jeżeli w nocy patrzymy przez okno z pokoju, w którym migocące światło dopalającej się świecy, to w chwili, kiedy oświetlenie pokoju słabnie, ciemność na dworze się zmniejsza i odwrotnie.

Wszystkie te zjawiska t. z. kontrastów współczesnych tłumaczy Helmholtz i cała szkoła jego zwolenników na podstawie t. z. hipotezy fałszywych sądów; przypuszczają oni, że sąd nasz o natężeniu lub jakości jakiegokolwiek światła jest w ogóle bardzo niedostateczny i opiera się wyłącznie na porównaniu oświetlenia tak, że zawsze zmiany w oświetleniu jednego przedmiotu wpływają mniej lub więcej na oświetlenie drugiego. Tak samo i współczesne kontrasty barwne można tłumaczyć wynikiem porównania siły podrażnienia odpowiednich elementów na sąsiednich polach siatkówki; tak np. szara barwa obok czerwonej wydaje się zieloną, ponieważ szare pole podrażnia szczególnie te elementy, które zupełnie nie są podrażnione przez pole czerwone. Na tej samej zasadzie tłumaczyć można i barwne cienie; jeżeli sobie uprzytomnimy, że całe pole białego papieru jest oświetlone żółtem światłem świecy i białem słońca i że cień od świecy oświetlają tylko promienie białe, cień zaś od okna tylko promienie żółte; sama biała barwa obok żółto-białej musi wystąpić z odcieniem błękitnym, żółta zaś obok żółto-białej wydaje się jeszcze bardziej żółta.

Teorya Heringa tłumaczy te zjawiska przypuszczeniem, że stan podrażnienia jednej okolicy siatkówki oddziaływa w drodze nerwowej na inne sąsiednie okolice w ten sposób, że dysymilacya, powstająca w jednym miejscu wskutek działania pewnych promieni światła, może wywołać w sąsiedniej okolicy zwiększoną asymilację i odwrotnie. Na poparcie swego zapatrywania przytacza Hering szereg faktów, z których tu wspomnę tylko o jednym, który się bardzo łatwo tłumaczy na podstawie tej teoryi, a mianowicie, że szara plama na czerwonym polu występuje nawet wtedy zielono, gdy to pole wskutek dwuocznego mie-

szania barw wydaje się nam fioletowem. Według teoryi Helmholtza, w tym przypadku szara plama powinna się wydawać żółtą.

Podobne fałszywe sądy powstają często także wśród pewnych warunków nie tylko w ocenianiu barw, otaczających nas przedmiotów, ale również w oznaczaniu ich odległości i wielkości. Wspomnieliśmy już wyżej, że pod tym względem sam obraz na siatkówce nie wystarcza i że z jednej strony podstawą dla sądów o wielkości przedmiotów są wrażenia mięśniowe bądź jednego oka wskutek akomodacyi, bądź obu ocz wskutek akomodacyi i konwergencyi, z drugiej strony faktyczna znajomość przedmiotów, która drogą szeregu procesów psychicznych przez nas została nabytą. Jednakże i mimo tych środków w pewnych warunkach powstają złudzenia, których w żaden sposób usunąć nie możemy. Tak np. jeżeli linia *ac* (ryc. 178) podzielona na dwie równe części w punkcie *b*, ma w części *ab* szereg punkcików w równych odstępach,

Rycina 178.



Rycina 179.

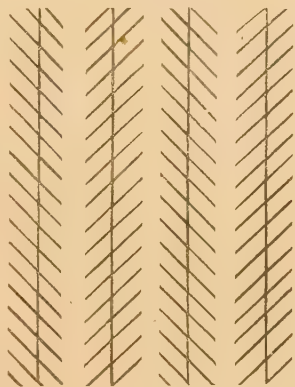


pach, to odcinek *bc* wydaje się nam krótszym od *ab* szczególnie, jeżeli patrzymy jednym okiem. Podobne doświadczenie można powtórzyć także wprost w przestrzeni; przestrzeń, w której nie ma żadnych przedmiotów, na którychby oko mogło spocząć, wydaje się nam mniejszą, niż tej samej wielkości przestrzeń, wypełniona pewnymi przedmiotami. Następnie jeżeli weźmiemy dwa równe kwadraty (ryc. 179) i w jednym z nich wykreślimy szereg równoległych linii poziomych, w drugim pionowych, to, patrząc na nie, mamy wrażenie, że to są prostokąty; jeden kwadrat wydaje się wyższym, drugi szerszym.

Faktu tego nie można wytłumaczyć czynnością samej siatkówki, lecz musimy przyjąć, że tu wchodzi w grę pewne motywy psychiczne. Prawdopodobnie także z tego samego powodu niebo nie wydaje się nam półkulistą, lecz ma postać szkiełka zegarkowego; przestrzeń ku górze nie zawierająca żadnych przedmiotów, któreby w polu naszego widzenia się zjawiały, wydaje się znacznie krótszą, niż we wszystkich kierunkach poziomych, w których znajdują się rozmaite przedmioty na po-

wierzchni kuli ziemskiej. Prawdopodobnie skutek tych samych motywów psychicznych słońce i księżyc wydają się nad horyzontem znacznie większymi, niż w zenicie. Jeszcze bardziej rzuca się w oczy fakt dotychczas niewytłumaczony, że kąty rozwarte w ogóle wydają się nam mniejszymi, ostre zaś większymi, niż są w rzeczywistości. Jeżeli np. grubą linię prostą przetniemy skośnie drugą cieńszą, to oba odcinki tej drugiej linii nie wydają się przedłużeniem tej samej linii, lecz robią wrażenie linii równoległych, nieco przesuniętych, wskutek tego, że oba kąty ostre wydają się nam większymi, niż są w rzeczywistości. Ten wpływ niedokładności w ocenianiu kątów ostrych i rozwartych występuje szczególnie wyraźnie, jeżeli kilka równoległych linii prostych przedzielimy szeregiem linijek równoległych skośnych, lecz tak, aby te linijki skośne na dwóch sąsiednich grubych liniach miały kierunek odwrotny; w takim razie grubsze równoległe linie wydają się nam w kierunku kąta ostrego rozbieżnymi, w kierunku kąta rozwartego zbieżnymi (ryc. 180). Do tej samej kategorii zjawisk wypada także zaliczyć fakt, że w pewnych warunkach linie proste wydają się krzywymi i odwrotnie krzywe prostymi.

Rycina 180.



Ta względność naszych wniosków co do wielkości przedmiotów i udział pewnych motywów psychicznych szczególnie wybitnie występują przy rozmaitych porównaniach; jeżeli patrzymy na linię pewnej długości i długość tę zapamiętamy, a następnie wykreślimy obok niej drugą, znacznie krótszą, to pierwsza wydaje się teraz większą, aniżeli przedtem. Dla tego osoby wysokiego wzrostu wydają się nam wyższymi wobec niskich. Na złudzenia takie wpływa również charakter samego obrazu; wiadomo, że pośród mgły każdy przedmiot wydaje się większym, niż jest w rzeczywistości; nawet człowiek, którego dobrze znamy, robi wrażenie olbrzyma, i odwrotnie, wysokie góry przy jasnym i czystym powietrzu wydają się nam prawie pagórkami, a ich odległość, wynosząca nieraz kilkadziesiąt klm. robi wrażenie odległości zaledwo kilku klm. W pierwszym przypadku nie jasny obraz człowieka z powodu mgły wywołuje fałszywy sąd, wskutek tego mimowolnego aktu psychicznego, który nazywamy wnioskowaniem, opartego na doświadczeniu, że każdy niejasny obraz powstaje w oku

wtedy, jeżeli widzimy przedmiot daleki; z drugiej strony w takim razie obraz bywa małym, skoro więc mamy w oku obraz niejasny, to wnioskuje odwrotnie, odnosimy go do przedmiotu dalekiego, a znaczna wielkość obrazu zmusza nas przypuścić, że i sam przedmiot w tym przypadku musiał być znacznie większym. Zupełnie odwrotny akt ma miejsce przy ocenianiu odległości lub wielkości gór: tu również z doświadczenia wiemy, że jasny i wyraźny obraz otrzymujemy tylko wtedy, jeżeli przedmiot jest na pewnej niedalekiej odległości. Ponieważ wskutek czystości górskiego powietrza obrazy nawet dalekich punktów są wyraźne, więc wnosimy mimowoli, że przedmioty te znajdują się blisko, a stąd pochodzi fałszywy sąd i co do ich wielkości.

Powidoki dodatnie i ujemne, kontrasty, fałszywe sądy oraz uzupełniająca czynność psychiczna stanowią razem tak obszerny materiał dla złudzeń i fałszywych wniosków względem otaczających nas zjawisk w naturze, że w rzeczywistości prawie każde nasze wrażenie wzrokowe musi być ciągle kontrolowane za pomocą innych zmysłów, aby mogło u nas wywołać wyobrażenie, odpowiadające rzeczywistości.

Widzenie dwuoczne.

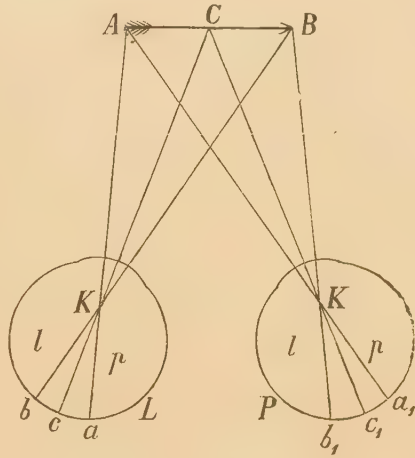
Dotychczas rozpatrywaliśmy wrażenia wzrokowe, do wywołania których wystarcza obecność jednego oka. W rzeczywistości jednak w warunkach prawidłowych otrzymujemy zawsze wrażenie naraz w obu oczach; zachodzi zatem pytanie, w jaki sposób te dwa wrażenia w obu oczach zlewają się w jedną całość. Każdemu bowiem wiadomo, że wśród warunków prawidłowych widzimy wszystkie przedmioty pojedynczo. Nadto wypada także odpowiedzieć jeszcze i na inne pytanie, a mianowicie, jaka ztąd wypływa korzyść, że posługujemy się dwoma a nie jednym okiem.

Jeżeli patrzymy na jakiś przedmiot jednym okiem, to, jak widzieliśmy wyżej, chcąc przedmiot ten widzieć wyraźnie, ustawiamy oko tak, aby oś widzenia przebiegała przez niego i aby obraz tego przedmiotu powstał na żółtej plamce. Jeżeli na ten sam przedmiot będziemy patrzyli obydwoma oczami, to zachodzi ten sam fakt: obie osie widzenia schodzą się na rozpatrywanym przedmiocie i tu się przecinają. Za pomocą mięśni ocznych zwykle nawet inaczej oczu ustawić nie możemy, jak tylko w ten sposób, że albo osie widzenia schodzą się na jakimś przedmiocie, albo są do siebie równoległe. Otóż we wszystkich tych

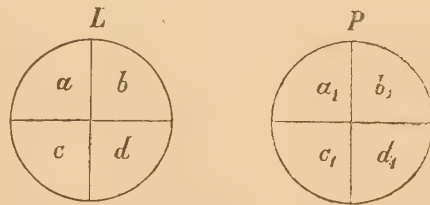
przypadkach widzimy zawsze przedmiot pojedynczo. Lecz sztucznie, np. za pomocą palca, możemy jedno lub drugie oko wyprowadzić z tego naturalnego położenia i ustawić je tak, ażeby podczas, gdy oś widzenia jednego oka pada na przedmiot, na który patrzymy, oś widzenia drugiego oka przechodziła obok tego przedmiotu; przy takim ustawieniu oczu, każdy przedmiot widzimy podwójnie. Powtarzając podobne doświadczenia przychodzimy do wniosku, że do pojedynczego widzenia potrzeba oczy ustawić tak, ażeby obrazy od tego samego przedmiotu tworzyły się na pewnych, określonych miejscach siatkówki, albowiem tylko w takim razie wrażenie wywołane bywa pojedynczem. Takie miejsca siatkówki nazywamy punktami *identycznymi* lub *odpowiedniami*.

Identyczne punkty możemy wyznaczyć w sposób następujący: Przypuśćmy, że AB (ryc. 181) jest przedmiotem; C punktem, w którym się schodzą osie widzenia, K punkta węzłowe. W takim razie żółta plamka leży w miejscu ce_1 . Ponieważ widzimy przedmiot AB pojedynczo, więc punkty na obu siatkówkach, w których leżą obrazy od A i B są identyczne; widzimy więc, że obraz punktu B leży na linii widzenia Bb jednym i Bb_1 w drugim oku, obraz punktu A w punkcie a

Rycina 181.



Rycina 182.



w jednym i w a_1 w drugim oku. W podobny sposób możemy wyznaczyć położenie tych punktów także w płaszczyźnie pionowej. Zestawienie i porównanie tych punktów poucza nas, że każdy punkt, znajdujący się na prawej stronie jednej siatkówki, ma odpowiedni punkt po prawej stronie drugiej i że każdemu punktowi po lewej stronie jednej

siatkówki odpowiada punkt, leżący po lewej stronie drugiej siatkówki. Punkta leżące w górnej części ponad płaszczyzną poziomą jednej siatkówki, odpowiadają punktom leżącym także w górnej połowie drugiej siatkówki, dolne zaś jednej, dolnym drugiej; wyrażając to inaczej, możemy powiedzieć, że nosowa, czyli wewnętrzna strona prawego oka odpowiada skroniowej czyli zewnętrznej stronie lewego oka i odwrotnie.

Jeżeli sobie przedstawimy siatkówki na płaszczyźnie, to stosunek odpowiednich punktów, a właściwie okolic będzie się przedstawiał tak, jak to widać z ryciny 182, gdzie odpowiednie litery oznaczają odpowiednie miejsca.

Jednakże ażeby przedmiot był dokładnie widziany, nie tylko obrazy muszą się układać na odpowiednich miejscach, lecz nie powinny także różnić się między sobą kształtem, jasnością i barwą. Jeżeli zachodzą różnice pod ostatnimi względami, to w umyśle naszym powstaje z początku jakby pewna walka, co do tego, jak ocenić dany obraz, następnie, zależnie od jakości i wielkości różnic, albo odbieramy wrażenia pojedynczego obrazu, albo powstają wrażenia, zmieniające się na przemian jedno na drugie. Ostatecznie tylko obrazy bliskie co do kształtu i wielkości, potrafimy zlewać w obraz pojedynczy. Wypada jednakże zauważyć, że to podobieństwo obrazów jest tylko względne i w rzeczywistości zachodzi stale pewna różnica między obrazem, który otrzymujemy w prawym oku, a obrazem otrzymywanym w lewym. W samej rzeczy, jakkolwiek małą jest odległość jednego oka od drugiego, to jednakże obrazy, które powstają na obu siatkówkach, muszą się różnić do pewnego stopnia tak pod względem oświetlenia, jako też i kształtu; różnica ta jest nawet bardzo ważnym warunkiem dla wywołania bryłowości widzianych przedmiotów; dla tego też, jeżeli patrzymy na ryciny, przy zdjęciu których, czy to w drodze fotograficznej, czy za pomocą rysunku zostały uwzględnione te drobne różnice w obrazach, odpowiadających obu siatkówkom, to takie dwa obrazy bardzo łatwo zlewają się w jeden i dają nam wrażenie bryłowego przedmiotu. Na tej własności obrazów opiera się zasada stereoskopów, o których będzie mowa niżej.

Jeżeli obraz, wywołany w jednym oku, jest ciemniejszy, niż w drugim, oba zaś leżą na identycznych punktach, to po pewnej walce ich z sobą może powstać obraz pojedynczy, który daje zarazem wrażenie przedmiotu błyszczącego; podobnie mając dwa barwne obrazy, można wywołać wrażenie pojedynczego przedmiotu, zabarwionego barwą mieszaną; obie siatkówki w ogóle pod względem kontrastów współczesnych

i następnych, oraz wrażeń barwnych, zachowują się zupełnie tak, jak każda z osobna.

Otrzymane za pomocą obrazów stereoskopowych, oraz przytoczone wyżej fakta świadczą o tem, że, jakkolwiek przy dwuocznem widzeniu odrębnie powstają wrażenia w każdej siatkówce, to jednak zostają one zlane w jedno wrażenie. Ta synteza dwóch podobnych współczesnych wrażeń, powstaje albo wskutek tego, że takie wrażenia zostają przeniesione wprost do tych samych ośrodków nerwowych, albo, co jest prawdopodobniejszem, jest ona następstwem aktu psychicznego, jak wnioskowanie i sąd. Zdolność: takiego zlewania wrażeń nabywamy tylko drogą doświadczenia, opartego na tem, że za pomocą innych zmysłów od pierwszych objawów naszej świadomości zawsze się przekonywamy, że identyczne obrazy pochodzą od jednego przedmiotu. To ostatnie przypuszczenie jest tem prawdopodobniejsze, że w rzeczywistości przy badaniach stereoskopowych mogą zachodzić dość znaczne różnice, które jednakże nasza czynność psychiczna potrafi zlać w jedną całość i dać nam wrażenie bryłowatego przedmiotu; w końcu zatem przemawia także fakt, że ludzie, u których wskutek pewnych spraw chorobowych nastąpiła zezowatość, w miarę ćwiczenia dochodzą do możliwości odbierania obrazów pojedynczych nawet z tych okolic siatkówki, które w oku prawidłowem zawsze dają obrazy podwójne.

Jeżeli przy pewnem ustawieniu oczu weźmiemy dwa punkty identyczne obu siatkówek i poprowadzimy od tych punktów osie widzenia (przez punkty węzłowe) aż do spotkania się ich z sobą, to punkt przecięcia się tych dwóch linii jest oczywiście punktem, z którego przedmiot jest widziany pojedynczo; przy każdym takim ustawieniu oczu od wszystkich punktów identycznych, moglibyśmy podobne linie przeprowadzić i w ten sposób znaleźlibyśmy całą płaszczyznę, z której wszystkie punkty byłyby widziane pojedynczo. Taką płaszczyznę, jakiegokolwiek ona jest kształtu, względnie taki szereg punktów, który w jednym jakimś określonym ustawieniu oczu jest widziany pojedynczo, nazywamy *horopterem* tego położenia oczu. Odwrotnie znając horopter dla każdego położenia oczu, t. j. znając ten szereg punktów, który może być widziany pojedynczo, możemy wykreślić położenie punktów identycznych w oku, a następnie, znając już punkty odpowiednie, wykreślić horopter dla każdego położenia oka. Horopter zmienia się w ogóle z każdym nowem położeniem oka i przedstawia nam bardzo znaczne nieraz trudności; dla określenia nawet najprostszych jego form musimy uwzględ-

dnici położenie oczu i ich wzajemny ruch i dla tego zastanowimy się obecnie nad ruchami oczu.

Ruchy oczu.

Oko przedstawia kulę wgłębioną zupełnie do oczodołu, wypełnionego miękką, przeważnie tłuszczową podściółką. Stosunek oka do tej podściółki przedstawia w gruncie rzeczy staw panewkowy, który, jak wiadomo, pozwala na ruchy w rozmaitych kierunkach, jednakże zawsze tylko na około jednego punktu, leżącego w środku kuli. Oko pod względem swoich ruchów różni się jeszcze tem od stawów panewkowych że podczas silnego otwarcia powiek może się posuwać nieco ku przodowi, atoli w warunkach prawidłowych ruchu tego nie potrzebujemy uwzględniać, gdyż, jeżeli on i ma jakie znaczenie, to tylko w pewnych stanach patologicznych.

Punkt, na około którego oko się obraca, leży na 1.77 mm. z tyłu od rzeczywistego środka oka. Dla określenia ruchów koło takiego środka obrotu, musimy przyjąć 3 kardynalne osie: pionową, poziomą od prawej ku lewej stronie oka i poziomą z przodu ku tyłowi. W zwykłych stawach panewkowych każdy ruch możemy rozłożyć na ruch około tych trzech osi, jak np. ruchy ręki w stawie ramieniowym; w oku, jak wykazały badania Dondersa, ruchy te są bardziej ograniczone, a szczególnie ruch około osi poziomej przednio-tylnej; gdy bowiem dowolnie możemy oczy podnosić do góry i spuszczać ku dołowi, kierować je na prawo lub na lewo i nadawać im przez kombinację tych ruchów rozmaite położenia pośrednie, wcale nie możemy obracać oczu dowolnie około osi przednio-tylnej. Brak tego ruchu uwarunkowuje specjalne urządzenie mięśni ocznych, które rozpatrzymy niżej.

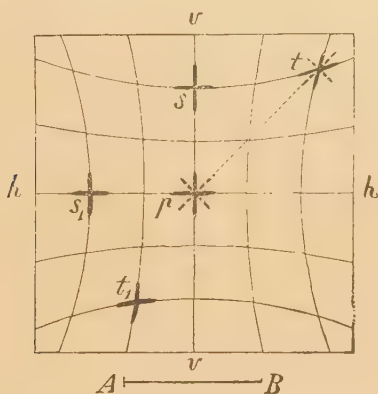
Jeżeli patrzymy na jakiś przedmiot, a następnie poruszamy głowę patrząc wciąż na niego, to oczy zostają unieruchomione; ta nieruchomość oczu wobec ruchów głowy może być osiągniętą tylko kosztem kompensacyjnych ruchów samych mięśni ocznych; pod tym względem oko przypomina zachowanie się igły magnesowej na okręcie.

Widzimy więc, że z jednej strony mięśnie oczne pozwalają tylko na pewne ruchy, z drugiej zaś, że ruchy te są tak dokładnie przystosowane, że potrafią skompensować ruchy głowy i utrzymać oczy w każdym położeniu tak, iż obrazy przedmiotów, na które patrzymy, powstają nie tylko w identycznych punktach, ale nawet prawie zawsze na żółtej plamce.

Ponieważ ten stosunek położenia oczu do położenia głowy ciągle się zmienia, jak również może się zmieniać i położenie głowy względem tułowia, więc potrzeba koniecznie przyjąć pewne ustawienia oczu jako punkt wyjścia dla oceniania każdego innego ustawienia i z tego względu jedno ustawienie nazywamy *pierwszorzędnem*, jest to ustawienie, podczas którego głowa i tułów zostają w pozycji pionowej, zaś osie widzenia są skierowane równoległe i poziomo na daleki widnokrąg; wszystkie inne położenia nazywamy *drugorzędnymi* lub *trzeciorzędnymi*.

Przejście z położenia pierwszorzędnego do drugorzędnego lub z jednego drugorzędnego w inne odbywa się zawsze tak, jak to opiewa prawo Listinga, stwierdzone przez Dondersa i Helmholtza, a mianowi-

Rycina 183.



cie, że oko wszystkie swoje ruchy wykonywa tak, iż jego oś obrotu pozostaje zawsze pod kątem prostym tak do pierwotnego, jak również nowego położenia osi widzenia. Z określenia tego wypada, że wszystkie obroty oka z pierwszorzędnego ustawienia odbywają się około osi, położonych na jednej płaszczyźnie.

Jeżeli oko zajduje się w położeniu pierwszorzędnem, to płaszczyzna, którą możemy sobie wyobrazić przechodzącą przez punkt, na który patrzymy, i punkty obrotu obu ocz, nazywamy *płaszczyzną widzenia*. Oczywiście, że w tej płaszczyźnie leżą także obie osie widzenia.

Jeżeli z położenia pierwszorzędnego, w którym płaszczyzna widzenia przebiega poziomo, poruszymy oczy tak, że płaszczyzna widzenia podniesie się ku górze lub schyli ku dołowi, to osie obrotu obu ocz, zle-

wają się w tym przypadku z linią, łączącą oba środki obrotu, t. j. z osią płaszczyzny widzenia, zaś poziome południki obu ocz pozostały stale w płaszczyźnie widzenia. Jeżeli następnie, biorąc znowu za punkt wyjścia położenie pierwszorzędne płaszczyzny widzenia, przeniesiemy osie widzenia na wewnątrz lub zewnątrz, na prawo lub lewo, to osie obrotu obu ocz będą stale prostopadłe do płaszczyzny widzenia, a oba południki poziome pozostaną w tejże płaszczyźnie. Wszystkie te położenia nazywamy *drugorzędnymi*.

Jeżeli w końcu oko przybierze takie położenie, że płaszczyzna widzenia utworzy z osią obrotu kąt ostry, to południki poziome oka wychodzą z płaszczyzny widzenia i tworzą z nią także kąt zwany *kątem skrzywienia*; takie położenie nazywamy *trzeciorzędne*. Kąt ten może być mniejszy lub większy i gdy on wynosi 0° , a osie widzenia są równoległe, oko zawsze wraca w położenie pierwszorzędne.

Położenia trzeciorzędne i całe prawo Listinga możemy stwierdzić, posługując się powidokami ujemnymi. W tym celu wywołujemy za pomocą barwnej poziomej lub pionowej linii powidok ujemny, który wskutek położenia tej linii odpowiada określonemu południkowi siatkówki. Następnie przenosimy oko na ścianę, na której są narysowane poziome i pionowe linie; liniom tym w pierwszorzędnym ustawieniu oczu odpowiada także poziome i pionowe południki siatkówki (ryc. 183). Przypuśćmy, że linia AB jest tą linią, której powidok wywołujemy, i że jej powidok przypada w płaszczyźnie ściany na linii hh w punkcie p . Przypuśćmy dalej, że linię tę przecina w punkcie p linia pionowa środkowa i że w tym punkcie p , w położeniu pierwszorzędnym, schodzą się osie widzenia; w takim razie powidok linijny odpowiada albo linii poziomej albo pionowej. Jeżeli teraz przeniesiemy oko na jakikolwiek inny punkt skrzyżowania linii, to w położeniu drugorzędnym, tj. na liniach hh i vv powidoki pozostają prostoliniowymi, jeżeli przenosimy oko w kierunku samej linii powidoku; jeżeli zaś przenosimy oko w kierunku prostopadłym do linii powidoku, to sam powidok wraz z linią wywołują wrażenie linii krzywych (hyperboli). We wszystkich innych położeniach, np. t_1t powidok tworzy z liniami poziomymi lub pionowymi kąty, układając się również na przecięciach linii krzywych, co wskazuje, że oko uległo skrzywieniu i w rzeczywistości kąty te równają się kątowi skrzywienia. Jeżeli więc przy pierwotnym położeniu wywołamy powidok krzyża p , tj. powidok linii poziomej i pionowej, to w położeniu s_1s kierunek tych linii pozostaje ten sam i zmienia się odrazu, skoro tylko oko przeniesiemy w położenie trzeciorzędne, t. j. w t_1t . Z tego wynika, że w po-

łożeniu pierwszorzędnem i drugorzędnem powidok linii pionowej lub poziomej pozostaje również pionowym lub poziomym przy nowych ustawieniach oka i że tylko w trzeciorzędnem położeniu, tak poziomy jak i pionowy powidok tworzy z płaszczyzną poziomą lub pionową kąt. Jednakże Helmholtz wykazał, że linijny powidok zachowuje swoje położenie (t. j. nie przedstawia skręcenia) wtedy, jeżeli oko z ustawienia pierwotnego zostaje przeniesione w ustawienie trzeciorzędne w kierunku linii powidokowej lub pod kątem prostym do niej, np. gdybyśmy wyobrazili sobie dwie linie, zostając do siebie pod kątem prostym, oznaczone kropkami w punkcie p , to przenosząc oko w położenie t , a więc w kierunku linii prostopadłej do drugiej, nie zauważylibyśmy żadnego skręcenia obu linii. Z tego wynika, że podobnie jak ruch pionowy i poziomy oka jest zależny od obrotu około osi poziomej w pierwszym lub pionowej w drugim przypadku, leżących w płaszczyźnie pionowej, tak samo i wszelkie skośne ruchy mogą być zależne od obrotu około osi skośnych, leżących także w płaszczyźnie pionowej, tak, iż nachylenie powidoku w danym przypadku nie zależy od obrotu oka około samej osi widzenia, jakby to można było przypuszczać.

Powyższe prawo Listinga nie dotyczy jednak przejścia oka z jednego położenia drugo- lub trzeciorzędnego, w inne drugo- lub trzeciorzędne i ma w gruncie rzeczy zastosowanie tylko w tych przypadkach, gdzie osie widzenia są równoległe. Już mniejsza lub większa zbieżność osi widzenia pociąga za sobą mały stopień skręcenia gałki ocznej; chociażby obie gałki oczne pozostawały początkowo w położeniu pierwszorzędnem; to ich skręcenie staje się większem przy współczesnem skierowaniu oczu na dół, jak się to dzieje np. gdy patrzymy na bliskie przedmioty.

Mięśnie oczne. Ruchy, o których mówiliśmy wyżej, są wykonywane za pomocą osobnych mięśni, w które zaopatrzone są gałki oczne. Mięśni tych każda gałka posiada sześć: *dolny, górny wewnętrzny i zewnętrzny proste, dolny i górny skośne*. Powyższe ruchy nie są jednak wykonywane za pomocą jednego tylko z tych mięśni, lecz w przeważnej części, z małymi wyjątkami, w wykonaniu każdego ruchu bierze udział kilka mięśni naraz. Działanie każdego pojedynczego mięśnia oka, względnie położenie osi obrotu, około której mięsień dany może poruszać gałkę oczną można łatwo oznaczyć, jeżeli określimy miejsce przyczepienia końców tych mięśni do jamy oczodołu i samej gałki. Na podstawie badań w tym względzie przeprowadzonych wykazano, że biorąc za punkt wyjścia pierwszorzędne ustawienie oka możemy stwierdzić, że:

1) sześć mięśni ocznych stanowią trzy antagonistyczne pary, czyli że każda para ma wspólną oś obrotu;

2) oś mięśnia prostego wewnętrznego i zewnętrznego odpowiada osi pionowej, czyli, że para ta obraca rogówkę na prawo i lewo, czyli na wewnątrz i na zewnątrz;

3) oś mięśnia prostego górnego i dolnego leży wprawdzie w płaszczyźnie poziomej, lecz nie odpowiada średnicy poziomej oka, przeciwnie jest od niej odchyloną ku przodowi i ku wewnątrz mniej więcej na 20° ; mięśnie te zatem obracają rogówkę ku górze i nieco ku środkowi i ku dołowi i nieco także ku środkowi.

4) oś obrotu mięśni skośnych leży także w płaszczyźnie poziomej lecz z osią poprzeczną tworzy ku przodowi na zewnątrz kąt 60° ; wskutek tego mięsień górny skośny skręca rogówkę na zewnątrz i ku górze, zaś dolny na zewnątrz i ku dołowi.

Położenie tych osi zmienia się oczywiście, gdy oko przechodzi w położenie drugo- lub trzeciorzędne. Ustawienie osi obrotu każdej pary mięśni przy rozmaitych położeniach oka wykazuje, że tylko oś obrotu mięśni prostych zewnętrznego i wewnętrznego leży w płaszczyźnie pionowej i tylko za pomocą tych mięśni możemy wykonywać ruchy, które przeprowadzają oko jednego ustawienia w drugie; wszystkie inne ruchy prócz ruchu na zewnątrz lub wewnątrz, wymagają udziału naraz kilku mięśni. Stopień działania tych mięśni możemy podobnie jak dla innych mięśni oznaczyć, rozkładając siłę działania ich na oko, na zasadzie równoległoboku sił i oznaczyć mniejszy lub większy udział danego mięśnia, w tym lub owym ruchu. Tak np. widzieliśmy wyżej, że górny i dolny mięsień prosty skręcają gałkę oczną nie tylko ku dołowi i ku górze, ale także zarazem nieco ku wewnątrz; ruch ten ku wewnątrz może być zniesiony, jeżeli jednocześnie kurczą się mięśnie skośne, mianowicie, jeżeli kurczy się prosty górny i skośny dolny, to gałka oczna wykonywa ruch tylko wprost ku górze i odwrotnie, jeżeli współcześnie kurczy się prosty dolny i skośny górny, to oko porusza się pionowo ku dołowi. W ogóle można powiedzieć, że wszystkie ruchy skośne oczu zawsze są skutkiem skojarzenia skurczu mięśni prostych z skurczami mięśni skośnych i dla tego można, podług Fostera, ugrupować rozmaite ruchy oczu podług czynności następujących mięśni:

RUCHY	WYWOŁUJĄ MIĘŚNIE
wzniesienie i addukcyę	górný i wewnętrzny proste, dolny skośny
zniżenie i addukcyę	dolny i wewnętrzny proste, górny skośny
wzniesienie i abdukcyę	górný i zewnętrzny proste i dolny skośny
zniżenie i abdukcyę	dolny i zewnętrzny proste, górny skośny
wzniesienie	górný prosty i dolny skośny
zniżenie	dolny prosty i górny skośny
addukcyę	wewnętrzny prosty
abdukcyę	zewnętrzny prosty

Koordynacja ruchów gałek ocznych.

Widzieliśmy wyżej, że przeważna część ruchów gałek ocznych zostaje wykonywana za pośrednictwem kilku mięśni. Oczywiście więc, że już ruch jednego oka wymaga osobnego mechanizmu nerwowego, któryby ruchy pojedynczych mięśni ze sobą prawidłowo kojarzył. Jeżeli następnie uwzględnimy patrzenie dwuoczne, to na podstawie tego, cośmy widzieli wyżej, musimy przyjąć, że, ażeby widzenie było jasne i pojedyncze, obie gałki oczne muszą być tak ustawione, aby obrazy od jednego i tego samego przedmiotu zewnętrznego padały z jednakową wyrazistością na odpowiednie miejsca siatkówki; oczywiście, że do takiego ustawienia oczu jest koniecznie potrzebną ścisła i dokładna koordynacja między ruchami obu gałek ocznych. Koordynacja taka rzeczywiście istnieje i przedstawia jeden z najbardziej zadziwiających swoją dokładnością mechanizmów w ustroju.

Na oczach innych osób widzimy, że ruchy gałek odbywają się zupełnie współcześnie, jeżeli prawe oko porusza się w prawo, to w tym samym kierunku porusza się także oko lewe, a jeżeli przedmiot, na który oczy ustawiamy, znajduje się w dalekiej odległości, to nawet kąt poruszenia lewego oka będzie prawie ten sam; jeżeli prawe oko porusza się ku górze, to zupełnie niezależnie i mimo woli to samo czyni oko lewe. Tak samo rzecz się ma i podczas wszystkich innych ruchów, na jakie

w ogóle gałki oczne zdobyć się mogą. Wyjątkowo można napotkać osoby, które do pewnego stopnia posiadają władzę nad ruchami pojedynczych gałek i mogą dowolnie poruszać jednym okiem w prawo, drugim równocześnie w lewo; zdolność tę jednakże nabywa się tylko wskutek osobnego w tym celu ćwiczenia. W warunkach zwykłych wszystkie ruchy odbywają się w ten sposób, że jako ostateczny wynik powstaje pojedynczy obraz przedmiotu, a więc, że oba obrazy padają na odpowiednie punkty siatkówek.

Posiadając więc zdolność ustawiania zbieżnego oczu, zupełnie nie możemy dowolnie ustawić je rozbieżnie; w ogóle pewien stopień rozbieżności możemy osiągnąć tylko sztucznie za pomocą stereoskopu lub innych przyrządów. Rozbieżność, którą jesteśmy w stanie tem sposobami u siebie wywołać, zależy od mimowolnej dążności naszego układu nerwowego do otrzymywania obrazów pojedynczych. Jeżeli np mamy dwie ryciny w stereoskopie, które, jak to zobaczymy niżej, dają nam obraz pojedynczy i bryłowy, następnie stopniowo ryciny rozsuwamy, to również stopniowo oczy się przystosowują do tego, ażeby obrazy zawsze się otrzymywały na odpowiednich punktach siatkówki i dawały obraz pojedynczy. Również Helmholtz, patrząc na przedmiot daleki przez pryzmat zwrócony kątem do nosa, a więc ustawiony tylko przed jednym okiem, i starając się wciąż utrzymać pojedyncze widzenie, przekonał się, że skręcając go nieco, można doprowadzić do tego, że po usunięciu pryzmatu na chwilę, otrzymuje się podwójne widzenie, z czego oczywiście wynikało, że oko, przed którym trzymał pryzmat, było ustawione inaczej, niż drugie i że się przystosowywało, ażeby promienie idące od przedmiotu i posiadające zmieniony kierunek wskutek działania pryzmatu, doprowadzić do odpowiednich punktów siatkówki: po usunięciu pryzmatu oczywiście te same promienie padały na inne nieodpowiednie punkta siatkówki, wskutek tego powstał obraz podwójny.

Brak koordynacji pomiędzy jednym a drugim okiem występuje także w pewnych przypadkach patologicznych, lub gdy powstają zaburzenia w centralnym aparacie nerwowym, np. pod wpływem zatrucia wyskokiem lub innemi środkami narkotycznymi.

Jak dokładną jest ta koordynacja, widzimy z tego, że patrząc na jakikolwiek przedmiot bliski lub daleki, możemy go widzieć ciągle wyraźnie, pomimo ustawicznych ruchów głowy na prawo lub lewo, ku dołowi lub ku górze. Oczywiście więc, że zmiany, jakie w położeniu oczu, wskutek przemieszczenia głowy następować muszą, zostają współcześnie i odrazu skorygowane ruchem obu ocz. W tej korekcyi bardzo

ważną rolę odgrywa wrażenie, które oko w danej chwili odbiera tak, że w gruncie rzeczy wypada ją do pewnego stopnia uważać za odruchową i rzeczywiście, chcąc nadać pewne położenie oczom, przede-wszystkiem szukamy przedmiotu, na którymby wzrok nasz mógł być ustawiony, przedmiotu, do którego akomodujemy. Tylko posiadając pewną wprawę, możemy akomodować do punktu urojonego, a więc taki punkt sobie wyobrażać i niejako dowolnie ustawiać oczy; zwykle jednakże każde ustawienie jest spowodowane wrażeniem obrazu przedmiotu, do którego akomodujemy.

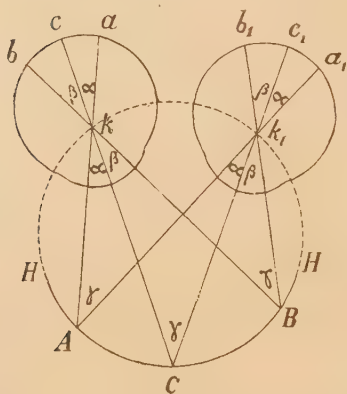
Z ruchami obu oczu zostają w ścisłym związku jeszcze inne dwa ruchy, mianowicie akomodacja i zwężenie i rozszerzenie źrenicy. Stąd też wynika, że cały ten mechanizm nerwowy, za pomocą którego kojarzymy nie tylko ruchy mięśni ocznych, ale i te dwa drugie ruchy, musi być wysoce skomplikowanym. Jest on założony we wzgórkach czworaczych. Prof. Adamiuk rzeczywiście wykazał w »nates« wspólny ośrodek dla obu ocz; podrażnienie lewej strony wywoływało ruch obu ocz na prawo — podrażnienie prawej na lewo — podrażnienie środka: ruch w dół z konwergencyą; podrażnienie z przodu w linii środkowej — ruch ku górze, z równoległym ustawieniem osi widzenia; wszystkim tym ruchom towarzyszyły zmiany w szerokości źrenicy. Po przecięciu wzgórków podłużnie przez środek drażnienie jednej połowy wywoływało ruchy oczu po tej samej stronie.

Horopter.

Widzieliśmy już wyżej, że do pojedynczego widzenia przedmiotów jest niezbędnem, aby ich obrazy padały na punkty odpowiednie obu siatkówek. I rzeczywiście, jeżeli patrzymy na jakiś przedmiot, to, gdy ustawimy oczy dokładnie, obrazy powstają na obu żółtych plamkach, a nawet w ich środkowym zagłębieniu. Lecz zwykle obok przedmiotu, na który patrzymy, znajduje się w polu widzenia mniejsza lub większa ilość rozmaitych innych przedmiotów lub wprost punktów świecących, które również dają obrazy na siatkówce w rozmaitych jej miejscach, odpowiednio do swego położenia względem przedmiotu, na który patrzymy. Obrazy te zajmują całą przestrzeń obwodową naszego pola widzenia i jeżeli one układają się w obwodowym polu także na odpowiednich punktach siatkówki, to są widziane pojedynczo, w przeciwnym razie podwójnie. Jakkolwiek nie zwracając uwagi na te przedmioty,

możemy zupełnie nie zdawać sobie sprawy ani z pojedynczego ani z podwójnego ich widzenia, to jednakże w niektórych wypadkach jest dla ustroju bardzo korzystną rzeczą, aby obrazy tych obuocznych przedmiotów były widziane pojedynczo. Badania wykazują, że dla każdego położenia oczu istnieją linie lub płaszczyzny, od których obrazy powstają w punktach odpowiednich i są widziane pojedynczo, jak również istnieje szereg takich punktów, które dają obrazy w punktach nieodpowiednich i muszą być widziane podwójnie. Otóż linia, albo płaszczyzna, posiadająca tę własność, że wszystkie jej punkty dają obrazy na odpowiednich punktach siatekówek, nazywa się *horopterem*; a więc horopter jest to suma wszystkich tych punktów w przestrzeni, które przy danym ustawieniu oczu, dają obrazy na odpowiednich punktach obu siatekówek.

Rycina 184.



dzenia Cc i Cc_1 z promieniami bocznymi z punktów A i B w punktach węzłowych są sobie równe.

Jeżeli oczy są równolegle ustawione na przedmiot daleki w płaszczyźnie poziomej, to horopterem w tym razie jest płaszczyzna, która od owego przedmiotu przebiega pochyło do naszych stóp, czyli że właściwie jest nim powierzchnia ziemi. Okoliczność ta ma wielką doniosłość z tego względu, że skutkiem niej możemy widzieć pojedynczo wszystkie punkty na powierzchni ziemi, mimo, że na nie nie patrzymy. Oczywiście, że fakt ten pozwala, z pewną dokładnością, za pomocą pojedynczego widzenia obwodowego, sądzić o terenie. Widzenie w tym przypadku odbywa się w ogóle w drodze wrażeń nieświadomych, lecz że ono rzeczywiście istnieje, mamy dowód w tem, że poruszamy się po tym samym terenie w nocy w absolutnej ciemności z daleko mniejszą pewnością, niż we dnie. Położenia horopterów przy drugo i trzecio-

rzędnych ustawieniach oczu dają niekiedy bardzo skomplikowane figury. Tu wypada nadmienić, że w drugorzędnem położeniu oczu każda prosta linia na płaszczyźnie przed okiem się znajdującej wydaje się nam w obwodowym polu widzenia pojedynczą, jeżeli przynajmniej jeden jej punkt jest widziany pojedynczo.

Bryłowość ciał.

Patrząc na krążek, wyrysowany na płaszczyźnie pionowej, tworzącej kąt prosty z płaszczyzną środkową ciała, możemy otrzymać wyraźne obrazy tego krążka na obu siatkówkach, ułożone zupełnie na miejscach odpowiednich i wskutek tego wyraźnie i pojedynczo widzimy go na płaszczyźnie. Inaczej się rzecz przedstawia, jeżeli zamiast krążka mamy przed sobą kulę; w takim razie obwodowe punkty tej kuli dadzą nam obrazy także krążka i jeżeli ustawimy do odległości tych obwodowych punktów kuli, to i w tym przypadku obrazy będą zupełnie wyraźne. Lecz obok obwodowych punktów kuli tworzących krążek, mamy na kuli jeszcze cały szereg punktów, leżących bliżej lub dalej, które dają oczywiście obrazy niewyraźne, czyli koła rozpierchłe. Gdy patrzymy za pomocą obu ocz, prócz różnicy, spowodowanej położeniem pojedynczych punktów kuli, wchodzi tu jeszcze w grę różnica w oświetleniu rozmaitych punktów na obu siatkówkach; w jakikolwiek bowiem sposób oświecimy kulę, każdy jej punkt inaczej będzie się przedstawiał w prawem oku, a inaczej w lewym, wskutek tego oczywiście oświetlenie obrazu rzeczywistego lub rozproszonego na obu siatkówkach będzie niejednakowem. Nadto chcąc widzieć przedmiot dokładnie, musimy oczy tak ustawić, aby obrazy padały na odpowiednie miejsca siatkówek. Zależnie więc od odległości przedmiotu, oczy muszą być mniej lub więcej sprowadzone na punkt, na który w danej chwili patrzymy, oczywiście w tym celu musimy wprowadzić w stan czynny pewne mięśnie oczne obu ocz. W końcu, aby widzieć obraz wyraźnie, musimy przystosować oko do danej odległości, co jest także czynnością mięśniową. Patrząc na koło, wyrysowane na płaszczyźnie, nie potrzebujemy zmieniać akomodacji, podczas patrzenia zaś na kulę, wobec mniejszego lub większego oddalenia rozmaitych punktów jej powierzchni od oka, musimy dla otrzymania jasnych obrazów każdego z tych punktów akomodację tę zmieniać.

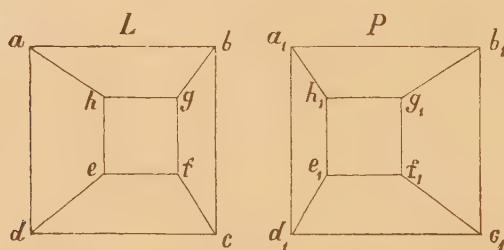
Widzimy zatem, że jakkolwiek kształt samego obrazu, a względnie przestrzenie, na których elementa wzrokowe zostają pod wrzące-

niem światła, w obu razach są te same, to jednak stan czynny w elementach siatkówek i rozmaite stany towarzyszące, jak zbieżność oczu i akomodacja, w obu przypadkach, t. j. podczas patrzenia na krążek i na kulę, są różne. Z tą różnicą wrażeń i stanów assocjują się jeszcze wrażenia, otrzymywane od dzieciństwa za pomocą innych zmysłów, głównie dotyku i w części zmysłu mięśniowego.

Otóż na tej assocjacji różnych wrażeń i stanów czynnych układu mięśniowego, oraz na odrębności ich charakteru polega nasza zdolność oceniania bryłowatości przedmiotów za pomocą wzroku. Każdy z wymienionych wyżej czynników odgrywa pewną rolę w widzeniu przedmiotów bryłowatych, jednakże niektóre z nich mają większe znaczenie, niż inne.

Do pierwszych należy różnica w kształcie obrazów, otrzymywanych na obu siatkówkach i różnica w ich oświetleniu. Że rzeczywiście

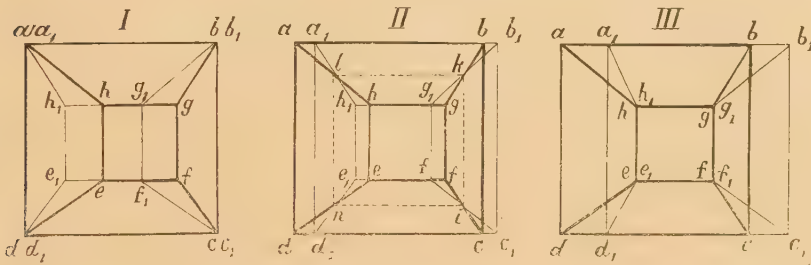
Rycina 185.



obrazy od przedmiotów bryłowatych, powstające na obu siatkówkach, nie są jednakowe, możemy się dzisiaj bardzo łatwo przekonać za pomocą fotografii. Jeżeli ustawimy czworoboczną ściętą piramidę węższym końcem ku przodowi przed aparatem fotograficznym, którego dwa obiektywy mają odpowiednie położenie do naszych oczu i zdejmujemy za pomocą nich fotografie piramidy, to otrzymamy rycinę podobną do 185. Oczywiście, że zupełnie podobne obrazy powstają także na naszych siatkówkach, gdy na tę piramidę patrzymy w tych samych warunkach. Widzimy zatem, że otrzymane obrazy są do siebie podobne, lecz symetrycznie ułożone. Podstawy tych piramid ograniczają linie $abcd$ i $a_1b_1c_1d_1$, t. j. mają one ten sam kształt i wielkość, zaś górne powierzchnie $efgh$ i $e_1f_1g_1h_1$ są ułożone symetrycznie względem wyobrażanej płaszczyzny środkowej. Gdybyśmy zaś akomodowali do powierzchni przedniej, tak samo byłyby ułożone podstawy ($abcd$ i $a_1b_1c_1d_1$).

W skutek tej różnicy w położeniu właściwie tylko jeden z tych obrazów, t. j. odpowiadający podstawie lub górnej powierzchni może przypadać na odpowiednie punkty siatkówek i może być widziany pojedynczo, drugi zaś zawsze musi się wydawać podwójnym. Ta niejednoznaczność obrazów i wrażeń jest przyczyną, że podobne dwie ryciny płaskie, dają wrażenie ciała bryłowego, jeżeli w środkowej płaszczyźnie ustawimy chociażby kartkę papieru i patrzymy tak, ażeby w każdym oku powstał obraz tylko odpowiedniej ryciny. Brücke zjawisko to tłumaczy w sposób następujący. Gdy patrzymy na ciała bryłowe, oczy nasze zostają właściwie w ciągłym ruchu, stopień zbieżności wciąż się zmienia w jedną lub drugą stronę tak, że stopniowo skrzyżowujemy osie widzenia na rozmaitych wysokościach takiej piramidy, počawszy od podstawy aż do górnej powierzchni i odwrotnie; w ten sposób wszystkie przekroje piramidy przypadają kolejno na odpowiednich punk-

Rycina 186.

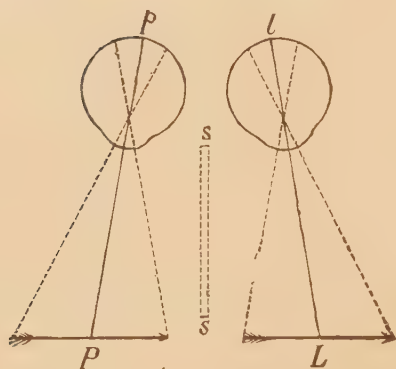


tach siatkówki, te zaś kolejno następujące wrażenia obrazów pojedynczych oraz podwójnych, przez syntezę w mózgu, wytwarzają w naszej świadomości wyobrażenie przedmiotu bryłowego. Obrazy, które kolejno powstają w oku przedstawia rycina 186.

Ponieważ dla sprowadzenia obrazów na identyczne punkty w obrazie III musimy oczy ustawić więcej zbieżnie, niż w obrazie I, więc ten większy lub mniejszy stopień zbieżności, zależny od czynności mięśniowej, daje nam podstawę do sądzenia o odległości przedmiotu, oraz odległości jego różnych przekrojów. W ten sposób w świadomości naszej powstaje wniosek, że powierzchnie $efgh$, $ikln$ i $abcd$ nie leżą w jednej płaszczyźnie, lecz jedna poza drugą, co może dać tylko ciało bryłowe. Wrażenia bryłowości, które wywołują odpowiednio narysowane obrazy na płaszczyźnie, są już wynikiem tylko wnioskowania, opartego na doświadczeniu, a więc aktem psychicznym. Niewątpliwie, że widze-

nie bryłowości ułatwia w znacznym stopniu fakt, że w gruncie rzeczy odpowiedniość punktów siatkówek jest tylko przybliżona i że bardzo wiele zależy od ćwiczenia, wprawy i przyzwyczajenia. Wiadomo bowiem, że wskutek nieznacznych zmian w ustawieniu oczu można się przyzwyczaić widzieć przedmioty pojedynczo, podczas gdy w warunkach prawidłowych przedmioty rozpatrywane w tem samym ustawieniu, zawsze widziane są podwójnie; z drugiej strony ważną rolę pod tym względem odgrywa sama wyobraźnia, czyli zdolność uzupełniania wrażeń i w ten sposób otrzymywania obrazów kompletnych. Tem się prawdopodobnie tłumaczy fakt, pozornie przeczący teorii Brückego, że widzimy bryłowość ciał nawet oświetlonych iskrą elektryczną, której trwanie jest tak krótkie, że w ciągu tego czasu nie możemy zmienić ani konwergencji, ani akomodacji. Rzeczywiście w tym przypadku wrażenie różnicy jasności i wyrazistości rozmaitych punktów wystarcza, prawdopodobnie przy uzupełnieniu braków

Rycina 187.



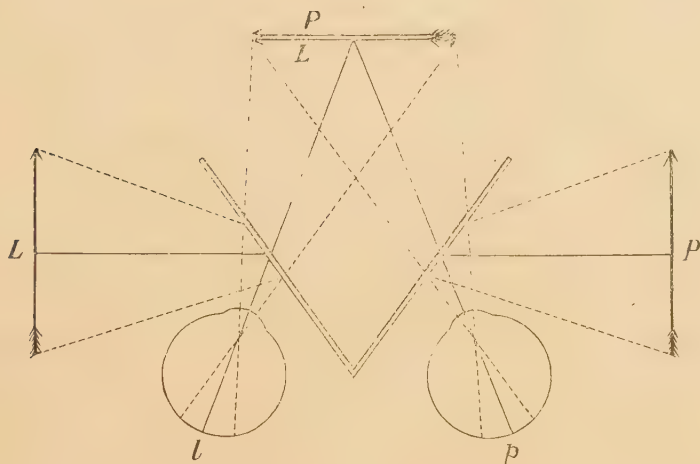
kosztem wyobraźni, do wytworzenia obrazu ciała bryłowego, a że tak jest, świadczy o tem okoliczność, że w takim razie wydają się nam bryłowatymi tylko przedmioty znane.

Stereoskopy. Że uzupełnianie wrażeń otrzymywanych od znanych przedmiotów, ułatwia znacznie widzenie bryłowości, widzimy to w stereoskopach, jeżeli sztucznie naśladujemy obrazy, otrzymane w oczach. Najprostsze doświadczenie możemy wykonać z wspomnianymi wyżej fotografiami piramidy; wystarczy owe dwie fotografie położyć przed oczyma, ustawić między nimi jakąś kartkę (ryc. 187) i patrzeć na nie, starając się nie akomodować. Obrazy, które teraz powstają na siatkówce, zlewają się z sobą i wywołują wrażenie piramidy.

Ponieważ zwykle patrząc na płaszczyznę, staramy się mimowoli sprowadzić oczy na jeden jej punkt, więc dla ułatwienia wywołania z obrazów płaskich bryłowości posługujemy się przyrządami, t. z. stereoskopami, których zasadę można poznać z rycin 188 i 189. Pierwsza przedstawia przekrój stereoskopu Wheatstone'a, druga Brewstera.

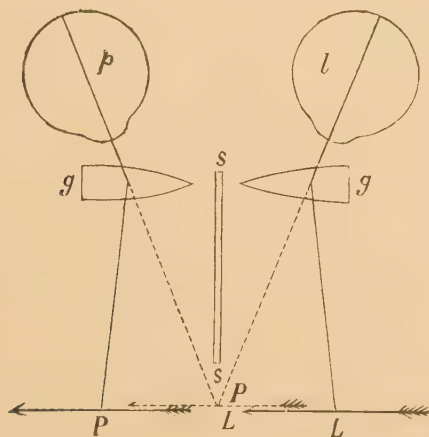
W pierwszym obrazy zostają przeniesione na jedną płaszczyznę za pomocą lustra w drugim za pomocą klinowatej soczewki. Przyrządy te

Rycina 188.



obok tego, że dostarczają dowodów naukowych na poparcie powyższego przypuszczenia, względem znaczenia kształtu i oświetlenia obra-

Rycina 189.



zów w sprawie widzenia bryłowego, mają także pewne praktyczne zastosowanie, gdyż jeżeli oba obrazy, które rozglądamy w stereoskopie

nie są otrzymane od jednego przedmiotu, lub się różnią w niektórych punktach, to w jednym obrazie, który wskutek zlania się obrazów na siatkówkach powstaje, punkty te będą się wydawały nam jako leżące przed lub poza tłem obrazu. Z tego względu może być stereoskop użyty do wykrycia np. fałszywych banknotów, dokumentów i t. p.

Jeżeli obrazy, użyte do stereoskopu różnią się barwą lub jasnością, to wydaje się nam, że ciało bryłowe ograniczają powierzchnie błyszczące. Najprawdopodobniejsze tłumaczenie tego faktu jest następujące: Jeżeli za pomocą jednego oka rozglądamy powierzchnię błyszczącą, to wskutek prawidłowego odbicia promieni światła, obraz jej ma pewne cechy, których nie posiada żaden inny od innej powierzchni; jeżeli następnie na tę samą powierzchnię patrzymy obu oczami, to każdy punkt, odbijając światło prawidłowo, może skierować promienie wychodzące z niego tylko do jednego oka (gdyż kąt padania musi być równy kątowi odbicia) i nie może dostarczyć ani jednego promienia do drugiego oka. Wskutek tego, jeżeli widzimy błyszczącą powierzchnię, to znaczy, że w rzeczywistości każdy punkt tej powierzchni jest widziany tylko w jednym oku, a przynajmniej, że obrazy w obu oczach posiadają znaczną różnicę oświetlenia. Jeżeli następnie mamy obrazy, które umyślnie niejednakowo zostały oświetlone, to w naszej świadomości powstaje wniosek w chwili, kiedy te obrazy wywołują obraz jednego przedmiotu bryłowego, że przedmiot ten musi być ograniczony powierzchniami, odbijającymi światło, czyli błyszczącymi. Trudniej nieco wytłumaczyć blaski barwne; być może że w tym przypadku wchodzi w grę akomodacja, gdyż dwie rozmaite barwy przy jednakowej odległości muszą wymagać akomodacji w różnym stopniu, a przy jednakowej akomodacji mogą dawać wrażenie punktów leżących nie w jednej płaszczyźnie; z kolei zaś punkty leżące nie w jednej płaszczyźnie, jeżeli mamy płaszczyznę błyszczącą, przy zmianie akomodacji dają coraz inne refleksy, a przez to powodują zmienność oświetlenia obrazów w oku. Odwrotnie mając obrazy niejednakowo oświetlone i zabarwione i odnosząc je do jednego ciała bryłowego, wysnuwamy wniosek, że ciało to jest otoczone barwnymi błyszczącymi powierzchniami.

Odżywianie i narządy ochronne oka.

Wszystkie składowe części oka bez względu na to, czy posiadają naczynia czy nie, odżywiają się kosztem krwi, która w naczyniach krwionośnych oka przepływa. Naczynia te, jak widzieliśmy rozpatrując bu-

dowę oka, w największej ilości znajdują się w naczyniówce i tęczówce; jednakże pewne rozgałęzienia naczyń znajdujemy także w siatkówce; te ostatnie głównie, jeżeli nie wyłącznie, pochodzą z *arteria centralis retinae*, rozchodzą się jednak tylko w warstwach wewnętrznych, aż do *membrana limitans externa* tak, iż warstwa pręcików i stożków, jak również warstwa nabłonka, zupełnie naczyń nie zawierają. Dla tego też w miejscu, gdzie tylko jedna warstwa pręcików i stożków się znajduje, t. j. we *fovea centralis*, w oku wyższych zwierząt, nie spotykamy nawet naczyń włosowatych. Jakkolwiek rogówka i soczewka naczyń własnych nie posiadają, to jednakże, dzięki pewnej obfitości limfatycznych naczyń, materyały odżywcze dochodzą, drogą dyfuzji, w dostatecznej ilości dla odżywienia elementów anatomicznych tych narządów. Co do rogówki, to dyfuzja odbywa się głównie przez owe przestrzenie, na które wskazaliśmy badając jej budowę. Ponieważ twardówka wraz z rogówką tworzą zupełną, szczelnie zamkniętą torebkę, w postaci gałki ocznej, zaś naczynia tętnicze i żyłne dostają się do wnętrza tej gałki od zewnątrz i tu wskutek przesiąkania materyału odżywczego służą za źródło cieczy, którą wewnątrz oka znajdujemy, przeto koniecznym warunkiem ruchu krwi w naczyniach włosowatych błony wewnętrznej oka musi być, aby ciśnienie wewnątrz oka (*intraocularis*) było przynajmniej nieco niższe od ciśnienia krwi nie tylko w naczyniach doprowadzających, ale także i włosowatych, gdyż w przeciwnym razie, wskutek ucisku naczyń włosowatych przez wyższe ciśnienie wewnątrz oka, nie otrzymalibyśmy ruchu krwi. I rzeczywiście pomiary tego ciśnienia u zwierząt i człowieka wykazują, że ciśnienie, oznaczone zapomocą odpowiednich manometrów lub innych przyrządów, jak np. tonometru, waha się od 20 do 50 mm. tak, iż prawdopodobnie zawsze jest niższe od ciśnienia krwi w naczyniach włosowatych. Ciśnienie to wzmagą się w miarę wzmagania się ciśnienia w naczyniach, w miarę ucisku, wywartego na gałkę oczną i w niektórych innych przypadkach; natomiast wszystkie warunki obniżające ciśnienie krwi w naczyniach, jak np. upust krwi, osłabienie czynności serca (zahamowanie), przecięcie rdzenia pacierzowego i t. p. wywołują odrazu obniżenie się tego ciśnienia. Prócz tego istnieją pewne środki, które na zmianę tego ciśnienia wpływają, jak np. atropina, która wprowadzona do oka wywołuje obniżenie ciśnienia wśródocznego. Ponieważ potrzeba przypuścić, że ciśnienie wewnątrz oka zależy także od ilości cieczy, która się w niem wytwarza, a względnie od jej stosunku do tej cieczy, która zapomocą dróg limfatycznych lub żył zostaje odprowadzoną, można przypuszczać, że obniżenie ciśnienia wśród oka, wskutek działania

atropiny zależy od zmniejszenia sekrecyi; samo bowiem przesiąkanie cieczy ocznej, jak np. *humor aquaeus* wypada uważać za czynność do pewnego stopnia analogiczną do czynności gruczołów, albowiem skład tej cieczy stanowczo świadczy o tem, że jej nie możemy uważać za prosty przesiek z naczyń krwionośnych.

I tak *humor aquaeus*, jak wykazują rozbiory tej cieczy, oddziaływa obojętnie lub bardzo słabo alkalicznie, zawiera małą ilość soli i stosunkowo bardzo małą ilość białka surowiczego, bo tylko 0.08—0.14%. Że ciecz ta ciągle się wytwarza albo raczej że się ciągle odtwarza, mamy dowód w tem, że gdy wskutek przypadkowego lub umyślnego przecięcia rogówki wypuścimy ją, a ranę następnie zasklepimy, to w krótkim czasie przednia komora oka na nowo się tą cieczą wypełni; z drugiej strony, że ciecz ta ulega ciągłemu wessaniu, mamy dowód w tem, że lekarstwa lub cieczy barwne wprowadzone do przedniej komory oka bardzo szybko ulegają wessaniu. Wessanie to odbywa się głównie za pośrednictwem kanału Schlemma. Co do miejsca, gdzie się ta ciecz wytwarza, jak na teraz, z pewnem prawdopodobieństwem musimy przyjąć, że w jej powstawaniu biorą czynny udział komórki nabłonka okolic, obficie unaczynionych, np. tylnej części iris i wypustek rzęskowych; gdy bowiem wskutek zmian chorobowych powstanie szczelny zrost tęczówki z przednią torebką soczewki, ilość tej cieczy w przedniej komorze oka staje się mniejsza. Natomiast w sprawie wessania biorą prawdopodobnie udział i inne części oka, jak np. sama rogówka, o czem świadczy wessanie stosunkowo dość szybkie lekarstw lub barwików wprowadzonych do spojówki oka.

Ciało szklane, jakkolwiek wogóle przedstawia wytwór bardziej stateczny, niż *humor aquaeus*, to jednak bez wątpliwości uskutecznia w sobie ustawiczną przemianę i w powstawaniu cieczy i płynu w przestrzeni tego ciała również odgrywają rolę osobne anatomiczne twory komórkowe, o czem sądzić możemy chociażby z tego faktu, że ciało szklane zawiera mucynę i cukier nawet w większej ilości, niż we krwi.

Same naczynia oka niczem się nie różnią od innych naczyń pod względem fizyologicznym, dochodzą do nich nerwy naczyniowe, prawdopodobnie nie tylko zwężające, ale i rozszerzające, i wskutek tego impulsy dochodzące do oka z układu nerwowego centralnego mogą wywoływać bądź rozszerzenie, bądź zwężenie naczyń, a więc zmieniać ilość przepływającej przez oko krwi.

Powieki. Od zewnątrz zakrywają oko dwa fałdy skóry i błony słuzowej, które wskutek czynności mięśni mogą się zbliżać do siebie i w ten

sposób zamykać szparę między niemi istniejącą, tworząc dla oka ochronę od zewnątrz. Ruch ten wykonywują *musculi orbiculares palpebrarum*, unerwione przez nerw twarzowy, zaś rozwarcie szpary ocznej skutecznia z jednej strony *musculus levator palpebrae superioris*, z drugiej strony dolna powieka opada wskutek swego ciężaru i skurczu mięśni gładkich, znajdujących się w jej obwodowej części. Mięsień *levator palpebrae superioris* jest unerwiony przez nerw *oculomotorius*, zaś mięśnie gładkie dolnej powieki przez nerw sympatyczny. Zamknięcie i otwarcie powiek dokonywa się albo wskutek impulsów dowolnych, albo też mimowolnych wskutek wpływów, wywołujących odruchy lub nawet automatycznie. Przy dowolnem otwieraniu i zamykaniu powiek możemy zauważyć, że zamykanie odbywa się szybciej, niż otwieranie. Odruchowe zamykanie może być wywołane przez zadrażnienie wszystkich nerwów czuciowych okolicy oka, i nerwu wzrokowego.

Prócz mięśni, o których mówiliśmy opisując anatomiczną budowę powiek, znajdujemy w powiekach jeszcze mięśnie gładkie, tak zwane *retractores v. musculi palpebrales. superior et inferior, Mülleri*. Przebieg tych mięśni jest prawie prostopadły do szpary, a przez zagłębienie się ich do oczodołu podczas skurczu, głębokość oczodołu może być zmniejszoną, a gałka oczna posuwana nieco ku przodowi. Mięśnie te są unerwione przez nerw sympatyczny, ztąd też pochodzi, że uszkodzenie lub przecięcie tego nerwu wywołuje zwężenie szpary ocznej i cofnięcie się oka ku tyłowi.

Narząd łzowy oka. Do kategorii narządów ochronnych oka wypada zaliczyć także narząd łzowy. Błona śluzowa oka, względnie nabłonek rogówki wystawione na wpływ mniej lub więcej suchego powietrza oczywiście ciągle traci wodę i wskutek stosunkowo małej dyfuzji cieczy, jaka w rogówce istnieje, bardzo prędko ulega wysychaniu. Takie wysychanie nabłonka pociąga za sobą jego zmętnienie, a zatem zmniejszenie przezroczystości rogówki. Ażeby zatem zapobiedz wysychaniu, posiada oko osobny gruczoł, który nazywamy łzowym, umieszczony nieco na zewnątrz od zewnętrznego końca szpary ocznej pod kością czołową oczodołu, od którego prowadzi cały szereg drobnych, lub kilka większych przewodów do spojówki. Gruczoł ten, wytwarzając ciągle ciecz surowiczą, bardzo zbliżoną do cieczy gruczołu przyusznego, zawierającą może tylko więcej nieco soli a mniej białka, zwilża wciąż cały worek spojówki. Wskutek ruchu powiek i równomiernego ich ucisku na oko roztacza się ciecz ta równomiernie po całej przedniej powierzchni oka i w końcu zbiera się w tak zwanem jezioru ocznem w wewnętrznym

końcu szpary ocznej, skąd zapomocą dwóch kanałów łzy zostają odprowadzone do worka łzowego, a stąd do nosa. Dópóki ilość wytwarzającej się cieczy jest normalna, łzy zwykle tylko tą drogą z oka odpływają, przedstawiając w ten sposób ciągły ruch cieczy. Istnieje cały szereg warunków, które mogą ilość tej wydzieliny zwiększyć; w takim razie powstać może nadprodukcya łez, które już wprost po brzegach powiek spływają na policzki. Wpływy te są przeważnie dwojakiego rodzaju, odruchowe i psychiczne. Gruczoł łzowy bowiem, podobnie jak ślinianki, zostaje pod wpływem dwóch kategorii nerwów, mianowicie gałązki piątej pary, *nervi lacrimalis et orbitalis*. i nerwu sympatycznego Herzenstein i Wolferz wykazali, że rzeczywiście drażnienie obwodowego końca nerwu łzowego wywołuje bardzo obfite wydzielanie się łez; również zwiększoną ilość wydzieliny można otrzymać przez drażnienie *nervi orbitalis et sympathici*. Z drugiej strony jeżeli nerwy są całe, to drażnienie nosa, błony śluzowej spojówek, nawet języka wywołuje odruchowo zwiększenie się ilości wydzieliny. Odruch ten trwa nawet wtedy, gdy piąta para nerwów jest przecięta przy wyjściu z mózgu, z czego wypada wnosić, że odruch nie odbywa się drogą *n. trigemini*, lecz przeciwnie przebiega przez inne nerwy, które tylko na obwodzie z trójdzielnym się łączą. Być może, że tym nerwem jest *n. facialis*. Wpływ stanów psychicznych na czynność tego gruczołu jest także powszechnie znany; nadprodukcya łez towarzyszy zwykle stanom smutnym (płacz), lecz niekiedy występuje także podczas śmiechu i wogóle silnych emocyj psychicznych.

Odprowadzanie łez zapomocą kanałów łzowych odbywa się przeważnie dzięki właskowatości i temu, że przebieg tych kanałów ma kształt lewara.

b) Zmysł słuchu. Ucho.

Uwagi ogólne.

Podobnie jak oko służy do odbierania wrażeń świetlnych, wywołanych w osobnych zakończeniach nerwowych drganiem fal eteru, ucho służy do odbierania wrażeń głosowych, wywołanych również w osobnych zakończeniach nerwowych zapomocą fal powietrza. W uchu więc jak w oku musimy tak samo odróżnić dwie części: narząd wrażliwy na fale głosowe, nazwijmy go narządem odbierającym wrażenia, i narząd służący tylko do przeprowadzenia tych fal do narządu pierwszego. Oczy-

wiecie, że pierwszy narząd jest niewątpliwie ważniejszy, gdyż bez niego wrażenia głosowe wcale powstać nie mogą, drugi zaś służy tylko do pewnego stopnia jako narząd dodatkowy, pozostający w takim stosunku do pierwszego, jak środowiska załamujące w oku do siatkówki.

Ten pierwszy narząd w swej najprostszej formie zjawia się w postaci niewielkiego pęcherzyka, napełnionego cieczą i zostającego w związku z tak zwanym nerwem słuchowym; jest to *pęcherzyk słuchowy*. Zewnętrzna jego ściana jest złożona z tkanki łącznej, wewnątrz zaś znajdujemy nabłonek, pozostający w związku z zakończeniami nerwu słuchowego. Pęcherzyk ten otoczony bywa tkanką embrionalną, która tworzy mniej lub więcej zbitą osłonkę na około niego i nosi nazwę *osłonki pęcherzyka słuchowego*. Osłonka nie przylega jednakże nigdzie do pęcherzyka, tak iż między nią a pęcherzykiem pozostaje zawsze pewna wolna przestrzeń, wypełniona cieczą.

W tej tedy najprostszej formie narząd słuchowy składa się: *a)* z pęcherzyka słuchowego (*vesicula acustica*), zawierającego w sobie jamę (*cavum endolymphaticum*), *b)* z osłonki (*capsula acustica*), nieprzylegającej do woreczka, a posiadającej przestrzeń wolną (*cavum perilymphaticum*), wypełnioną cieczą, która nosi nazwę *perilymfy*. W tej formie spotykamy narząd słuchowy tylko na najniższych szczeblach świata zwierzęcego, oraz w pewnych okresach embrionalnego rozwoju.

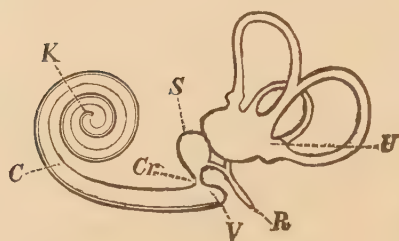
U wyższych zwierząt i człowieka jest on o wiele więcej skomplikowany, składa się z kilku jam i kanałów kostnych i błoniastych, które razem tworzą tak zw. błędnik, (labirynt). W nim odróżniamy: *a)* przedsionek, który przechodzi: ku przodowi i ku wewnątrz w *b)* ślimak, ku tyłowi i górze w *c)* trzy tak zwane kanały łukowate.

Niemniej staje się skomplikowaną i część doprowadzająca fale głosowe, która u człowieka i wyższych zwierząt składa się: 1) z ucha zewnętrznego: małżowiny i przewodu zewnętrznego i 2) ucha środkowego, odgraniczzonego od przewodu zewnętrznego osobną przegrodą błoniastą, tak zwaną *błoną bębenkową* (*membrana tympani*), a od narządu, odbierającego wrażenia, w części ścianą kostną, w części błonką, zamykającą dwa otwory, tak zw. *okienko okrągłe* (*fenestra rotunda*) i *owalne* (*fenestra ovalis*). Część środkowa zawiera powietrze i za pośrednictwem trąbki Eustachego łączy się z tylnym otworem nozdrzy. Nadto zawiera ona szereg kosteczek, ustawionych pomiędzy błoną bębenkową a wymienionem wyżej okienkiem jajowatym.

Anatomia ucha.

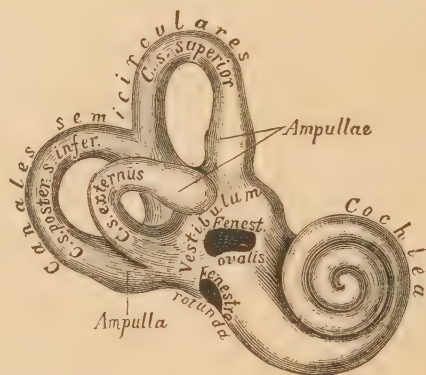
Ucho wewnętrzne. Zauważyliśmy wyżej, że część ucha, która odbiera wrażenia, czyli ucho wewnętrzne, u człowieka i wyższych zwierząt przedstawia narząd, złożony z jam i kanałów, utworzonych w części z tkanki błoniastej, w części z tkanki kostnej i nosi nazwę *błędnika*. W nim znajdujemy: (patrz ryc. 190), *a*) okrągły woreczek (*sacculus*) *S*, pozostający w związku z kanałem ślimaka (*ductus cochlearis*), *b*) woreczek eliptyczny (jajowaty) *U* (*utricleus*), pozostający w związku z przewodami łukowatymi (*canales semicirculares*), a właściwie z kolbkowatymi ich rozszerzeniami (*ampulae*) i *c*) z woreczka środkowego *R* (*sacculus endolymphaticus*).

Rycina 190.



Błędnik błoniasty. *U Utricleus*: woreczek eliptyczny z przewodami łukowatymi. *S Sacculus*: woreczek okrągły. *R* woreczek środkowy: *sacculus endolymphaticus*. *C* ślimak. *Cr* Kanał wspólny: *canalis reuniens*. *V* ślepy woreczek przedsionkowy.

Rycina 191.



Błędnik kostny.

phaticus), którego przedłużenie, zwane nóżką, dzieli się na dwie odnogi: jedna z nich łączy się z woreczkiem okrągłym, druga z woreczkiem jajowatym. Wszystkie te części razem stanowią tak zwany błędnik błoniasty i jak widzimy z powyższego przedstawienia, zostają z sobą w bezpośrednim połączeniu. Ściany tych części są złożone z tkanki łącznej i są wyścielone wewnątrz nabłonkiem, który w pewnych miejscach przybiera charakter nabłonka nerwowego, pozostającego w połączeniu z nerwem słuchowym. Wewnątrz wszystkich tych części znajdujemy ciecz, którą nazywamy limfą wewnętrzną (*endolympha*), zawierającą kryształki zwane *otolitami*.

Błędnik błoniasty i jego pojedyncze części mieszczą się w kości skalistej, w kości zwanej błędnikiem kostnym, który jednakże nie od-

powiada ściśle swoim kształtem częściom błoniastym. W błędni ku kostnym odróżniamy także kilka części (patrz ryc. 191), mianowicie tak zwany 1) przedsionek (*vestibulum*), w którym się mieści *sacculus* i *utricleus*, 2) trzy przewody łukowate (*ductus semicirculares*) z ich rozszerzeniami (*ampulae*) i 3) ślimak kostny, w którym się mieści ślimak błoniasty, na koniec 4) wąski kanał kostny, *aqueductus vestibuli*, prowadzący z przedsionka na powierzchnię kości skalistej. W tem ostatniem miejscu znajduje się *ductus endolymphaticus*, którego ślepy koniec (*sacculus endolymphaticus*) łączy się z oponą twardą w miejscu ujścia kanału kostnego. Przestrzeń wolna pomiędzy błędnikiem błoniastym a kostnym, nazywa się *cavum perilymphaticum*, a ciecz wypełniająca ją — limfą zewnętrzną, *perilympa*. Z przestrzeni tej wychodzi kanał, zwany *ductus perilymphaticus*, który się łączy z naczyniami limfatycznymi. Środkowa część przedsionka od strony jamy bębenkowej posiada dwa otwory: okienko owalne (*fenestra ovalis*) i okienko okrągłe (*fenestra rotunda*).

Ku przodowi i ku wewnątrz przedsionek przechodzi w ślimak, który się składa z $2\frac{1}{2}$ skrętów, ku tyłowi we wspomniane wyżej trzy kanały łukowate, które będziemy nazywali, poziomym i pionowym przednim i tylnym.

Budowa ślimaka. Budowę ślimaka kostnego i błoniastego możemy poznać dokładnie z jego przekroju (ryc. 192), a szczególnie dokonanego wzdłuż osi, około której zawijają się skręty. Na takim przekroju widzimy, że od wewnętrznej strony skrętów wpukła się przez całą długość ślimaka do środka blaszka kostna, mająca ten sam ślimakowaty przebieg, co kanał ślimaka, czyli także $2\frac{1}{2}$ skrętów; blaszka ta zowie się *lamina spiralis ossea*. Od tej blaszki ku zewnątrz przebiega błona, łącząca ją z osobnem więzadłem, umocowaną na zewnętrznej stronie kanału ślimaka, jest to tak zwana *lamina spiralis membranacea*. W ten sposób, te dwie blaszki, t. j. kostna i błoniasta, przebiegając wzdłuż całego przewodu ślimaka, dzielą go na dwie części, jakby piętra, jedna nosi nazwę piętra przedsionkowego, *scala vestibuli*, druga piętra bębenkowego albo dolnego, *scala tympani*; podstawę skrętów ślimaka stanowi

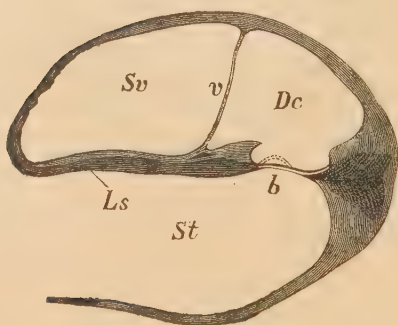
Rycina 192



Przekrój poprzeczny ślimaka.

scala tympani, górną część zaś *scala vestibuli*. Naprzeciw wejścia do piętra przedsionkowego znajduje się w przedsionku okienko *owalne*, zaś naprzeciw piętra dolnego okienko *okragłe*. U szczytu ślimaka oba te kanały łączą się z sobą za pośrednictwem małego otworu zwanego *helicotrema*. Błazka spiralna kostna (patrz ryc. 193) ma na swej górnej i dolnej powierzchni dwa występy (listewki): jeden, zwany *habenula denticulata*, jest ząbkowany, drugi — *habenula perforata*, posiadający otworki, przez które przechodzą gałązki nerwu słuchowego. Pomiędzy tymi dwoma występami jest zagłębienie żłobkowate (*sulcus spiralis internus*), kostny brzeg zaś błazki obejmujący ten kanał nazywany wargami, górny — *labium vestibulare*, dolny — *labium tympanicum*.

Rycina 193.



Przekrój poprzeczny jednego zawoju. *Ls* błazka kostna. *b* błazka błoniasta. *v* błona Reissnera. *st* *scala tympani* *sv* *scala vestibuli*. *Dc* *ductus cochlearis*.

Błazka błoniasta rozpoczyna się na górnej powierzchni wargi przedsionkowej (*labium vestibulare*), przechodzi następnie po *sulcus spiralis* na wargę dolną bębenkową, a dopiero od tej przebiega poprzecznie (*b*) do zewnętrznej ściany ślimaka, przybierając nazwę *lamina spiralis membranacea* lub wprost *membrana basilaris*. Na zewnętrznej stronie kanału ślimaka łączy się ta błazka z nagromadzoną tu tkanką łączną — *ligamentum spirale*.

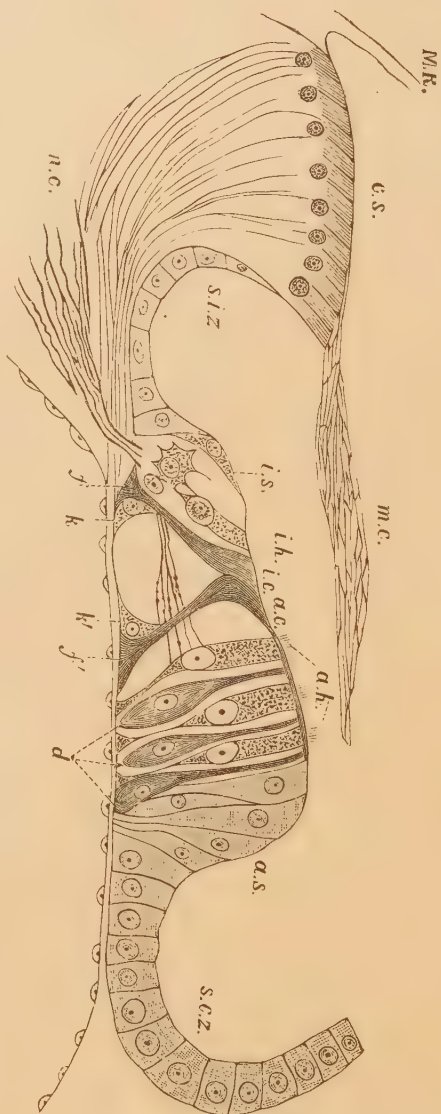
Górny przedział ślimaka zapo-
mocą błonki (*v*), rozpoczynającej się od wargi przedsionkowej, a przebiegającej także do zewnętrznej strony ślimaka, lecz nieco ku górze, zostaje podzielony na dwie części, z których jedna jest właściwą *scala vestibuli*, druga nosi nazwę kanału ślimaka, zaś sama błona, odgraniczająca piętro przedsionkowe od kanału ślimaka, zowie się błoną Reissnera (*membrana Reissneri*). Widzimy więc, że w ślimaku są trzy przedziały: środkowy ma ściany tylko błoniaste i na przekroju poprzecznym z początku ma kształt trójkąta, a dalej, poczynawszy od środka drugiego skrętu, staje się coraz więcej płaski, ponieważ kąt między górną i zewnętrzną ścianą staje się coraz większy, tak, iż w końcu te dwie ściany przechodzą prawie bezpośrednio jedna w drugą, stanowiąc jedną lekko wypukłą górną ścianę. Pomiędzy ślima-

kiem błoniastym a kostnym, jak zauważyliśmy wyżej, pozostaje wolna przestrzeń: tak od góry więc jak i od dołu są dwa odrębne kanały; dolny jest zamknięty od przedsionka zapomocą osobnej błonki zwanej *membrana tympani secundaria*, górny zaś zostaje w połączeniu z przestrzenią przedsionka.

Właściwy organ słuchowy jest umieszczony w kanale ślimaka. Kanał ten, jak zauważyliśmy wyżej, zamyka blaszka błoniasta spiralna od dołu, błonka Reissnera i *sulcus spiralis* od góry i wewnątrz i *ligamentum spirale* od zewnątrz. Ściany tego kanału są wogóle bardzo delikatne, a z pomiędzy nich najdelikatniejsza jest górna, t. j. błonka REISSNERA; o wiele mocniejsza jest blaszka błoniasta spiralna, składająca się z włókien elastycznych, przebiegających prostolinijnie od wargi bębnekowej do wiązadełka spiralnego; najbardziej rozwinięta jest tkanka łączna przy ścianie zewnętrznej kanału, gdzie się zrasta z okostną ślimaka. Te błoniaste ściany kanału ślimaka, jak również i piętra przedsionkowego i bębnekowego — posiadają liczne naczynia włosowate, których największą ilość znajdujemy w *ligamentum spirale*. Wnętrze błoniastego kanału ślimaka wysłane jest całkowicie nabłonkiem jednowarstwowym; wyjątek stanowi tylko to miejsce, gdzie się znajduje końcowy narząd słuchowy, czyli tak zwany organ Cortiego. Komórki nabłonka zewnętrznej ściany i błonki Reissnera, są niskie, prawie płaskie, wieloboczne, najczęściej posiadające postać 5—6 bocznych przyrzątków.

Znaczenie dla fizjologii i patologii słuchu ma właściwie tylko aparat końcowy, czyli organ Cortiego. Narząd ten leży na *lamina spiralis membranacea* i rozpoczyna się od wargi bębnekowej blaszki kostnej, a kończy się na wiązadełku spiralnym. Blaszka błoniasta, składająca się z włókien sprężystych, jest rozpięta, w formie skóry bębna między wargą bębnekową a wiązadełkiem spiralnym. Na poprzecznym przekroju zupełnie rozwiniętego ucha, widzimy na tej błonce, w pewnym oddaleniu od wargi bębnekowej, ustawione tak zwane łuki Cortiego (ryc. 194). Każdy taki łuk składa się z dwóch słupków (*i c i a c*) mających się do siebie tak, jak krokwie dachu; są to krótkie, dość grube włókienka, ustawione skośnie i stykające się z sobą górnymi końcami. Wobec tego ustawienia, pod słupkami wytwarza się nowy kanał, zwany tunelem. Tunel ten mieści w sobie nerwy, które z kostnej blaszki przechodzą przez blaszkę błoniastą i tu się łączą ze specjalnymi komórkami. Z jednej i drugiej strony tych łuków znajdujemy rzeczywiście szczególne komórki, z których jedne, leżące od strony blaszki kostnej nazywamy wewnętrznymi, drugie, leżące obok łuków od strony wiązadełka spiralnego — ze-

wnętrznymi. Komórki te zaopatrzone są na końcach włoskami i zostają w ścisłej łączności z rozgałęziającymi się w tem miejscu nerwami od



Rycina 194.

Narząd Cortiego. *MR* błonka Reissnera. *cs* *crista spiralis*. *mc* błonka Cortiego. *s. i. z* *sulcus spiralis* s. c. z. *sulcus externus*. *i. s.* wewnętrzne komórki podtrzymujące. *e. s.* pęczek wewnętrzny łuków Cortiego. *h. c.* wewnętrzne komórki słuchowe. *d* komórki Deitersa. *h. c.* ciała protoplazmatyczne, łuków Cortiego. *nc* włókna nerwowe.

nervus cochlearis. Obok tych komórek z jednej i drugiej strony znajdujemy komórki zwykłe nabłonkowe, które jednakże różnią się od komó-

rek innych okolic tem, że są o wiele wyższe, cylindryczne lub stożkowate i służą do podtrzymywania specjalnych komórek słuchowych. Podobne komórki natury nabłonkowej znajdujemy także pomiędzy komórkami słuchowymi, które tu również noszą nazwę komórek *podtrzymujących*.

Ponad tymi tworami rozpościera się osobna błonka siateczkowa, zwana błonką Cortiego.

Łuki Cortiego powstają z embryonalnych komórek nabłonkowych. Ze względu na ich układ, dzielimy je na łuki zewnętrzne i wewnętrzne. Liczba ich nie jest jednakowa: wewnętrznych zwykle jest więcej niż zewnętrznych, w stosunku mniej więcej jak 3:2 lub 4:3; podług Tufanieg u małp, na 15 wewnętrznych przypada 10 zewnętrznych, podług Waldeyera liczba pierwszych u człowieka wynosi około 6000 drugich 4500. Każdy pojedynczy łuk przedstawia esowato zgięty słupek, w którym rozróżniamy: 1) nieco rozszerzoną nóżkę, 2) część środkową czyli ciało i 3) płaską i nieco zgrubiałą z blaszkowatym rozszerzeniem główkę. Nóżka przedstawia wyraźnie włóknistą budowę i jest ściśle połączona z włóknami blaszki błoniastej, na której się opiera. Główka przedstawia się więcej jednolitą. Obok nóżki znajdujemy zawsze mniej lub więcej protoplasmy, która niekiedy przedstawia się w postaci trójkątka ze ziarnistej masy, zawierającej jądro, które leży w samym tunelu. Co do różnicy między łukami wogóle można powiedzieć, że wewnętrzne są nieco węższe i krótsze, niż zewnętrzne, i wobec tego tworzą z podstawą większy kąt, zewnętrzne natomiast są więcej pochylone. Główka każdego wewnętrznego słupka posiada od zewnątrz wklęsłą płaszczyznę, zapomocą której łączy się z wypukłą powierzchnią słupka zewnętrznego tak, iż słupek wewnętrzny pokrywa nieco koniec słupka zewnętrznego, jednak nie całkowicie.

Podstawa każdego słupka przykrywa średnio około 10 włókien blaszki błoniastej, która w miejscu, wskutek ząbkowanego brzegu samej wargi, nosi nazwę *zona pectinata*. Dwa obok siebie stojące słupki, szczególnie wewnętrzne, nie zawsze przylegają jeden do drugiego ściśle tak, iż między nimi pozostaje wolna przestrzeń, przez którą wchodzi do tkanki włóknistej nerwy; otworki te nazywają się *foramina nervina*. Budowa *zonae pectinatae*, jak również i całej blaszki błoniastej u rozmaitych zwierząt nie jest jednakowa: podług Retziusa u człowieka ma się znajdować tylko jedna warstwa włókien, umieszczona na tkance jednorodnej szklistej, pod którą znajduje się cienka warstwa komórek

płaskich; same włókienka podług Noela są połączone z sobą szklistą substancją kitową.

Do narządu podtrzymującego wypada zaliczyć także błonkę, siatkowatą *membrana reticularis*, która znajduje się nad organem Cortiego, na przestrzeni, w której leżą komórki owłosione. Błonka ta, przechodząc przez łuki Cortiego, zupełnie się zrasta z ich główkami i tworzy szklistą siateczkę. Oczka tej siateczki mają dwojaki kształt: jedne są okrągłe, drugie mają postać mniej lub więcej nieprawidłowych wklęsłych otworków. W oczkach okrągłych znajdują się komórki owłosione i są prawie zrosnięte z włókienkami siateczki, jeżeli jednak udaje się oddzielić komórki od siateczki, to widzimy zupełnie okrągłe, wolne oczka siateczki.

Komórki słuchowe. Jako komórki słuchowe uważane są obecnie owe ziarniste lub kolbkowate ciała, które znajdujemy obok słupków wewnętrznych i zewnętrznych, a które są zaopatrzone włoskami, wskutek czego noszą nazwę komórek owłosionych (*Haarzellen*). Jedne wśród nich nazywają się wewnętrznymi, drugie zewnętrznymi; wewnętrznych bywa zwykle tylko jeden szereg, zewnętrznych zaś kilka szeregów; u człowieka i małp zwykle cztery, niekiedy pięć (patrz ryc. 194). Odpowiednio do liczby komórek owłosionych znajdujemy w *lamina reticularis* tyleż kolistych otworków. Niektórzy autorowie nazywają komórki wewnętrzne komórkami Cortiego, zewnętrzne zaś — Deitersa. Podług Ładnowskiego komórki te zostają w bezpośrednim związku z zakończeniami nerwu ślimakowego (*n. cochlearis*). Według nowszych badań, dokonanych metodą Golgiego, nerwy kończą się pomiędzy komórkami, tworząc bardzo delikatną siateczkę drzewkowatych rozgałęzień. Każda taka komórka posiada duże jądro z jądrem, a podstawa jej stanowi mniej lub więcej długą wypustkę, która się rozszczepia na kilka włókien, przyczepiających komórkę, w postaci gęsiej łapki, do włókien *zonae pectinatae*.

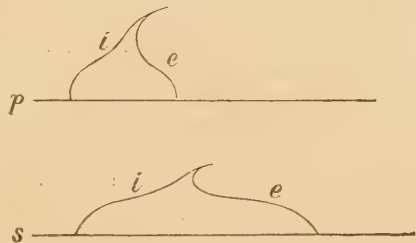
Ponad całym tym narządem, jak zauważyliśmy wyżej, rozpościera się błonka Cortiego jako *membrana tectoria*, rozpoczynająca się od tego miejsca, gdzie się zaczyna *membrana Reissneri* (*m c*), i wypuklająca się do kanału ślimaka ponad łukami Cortiego tylko na przestrzeni, gdzie się znajdują komórki owłosione. Z początku jest ona cienka i delikatna, następnie staje się nieco grubsza i na całej przestrzeni ma budowę włóknistą, podobną do tkanki łącznej. Jestto prawdopodobnie błona, mająca za zadanie ochraniać włoski komórek słuchowych od działania zbyt silnych fal cieczy, któreby tu mogły powstać.

Szerokość ślimaka od podstawy ku szczytowi zmienia się bardzo mało, wysokość zaś zmniejsza się znacznie jak również zmniejsza się także szerokość blaszki spiralnej kostnej, a oczywiście wskutek tego, blaszka błoniasta, w miarę jak się podnosi w skrętach ślimaka ku szczytowi, staje się coraz szerszą. Stosownie do tej zmiany w błonie podstawowej zmienia się także ustawienie słupków Cortiego: podczas gdy u podstawy są one więcej do siebie zbliżone i wskutek tego stoją mniej pochyło, ku szczytowi podstawy ich rozchodzą się coraz bardziej, wskutek czego pochyłość ich się zwiększa, jak to można widzieć na ryc. 195 (*p* podstawa, *s* szczyt).

Zakończenia nerwowe znajdujemy oprócz narządu Cortiego, także w woreczku okrągłym i eliptycznym i w kolbkowatych rozszerzeniach kanałów łukowatych; miejsca te noszą nazwę w woreczkach — *maculae acusticae*, w kanałach łukowatych — grzebienia słuchowe (*crista acustica*).

Rycina 195.

W miejscach tych znajdujemy zgrubienia tkanki łącznej, przez którą przechodzą gałązki nerwowe od nerwu przedsionkowego; nerwy te w przejściu przez tkankę łączną tracą swoje osłonki pozostają jako włókna osiowe; od wewnątrz przykrywają tkankę łączną i wy-



soki cylindryczny nabłonek, zaopatrzony również włoskami. Prócz tego, ponad temi komórkami, znajdujemy drobne krystaliczne masy z węglanu wapniowego, które jednakże nie pływają w endolimfie, lecz są zawieszane zapomocą cieniotkich niteczek: są to tak zwane *otolithy*.

Narząd przewodzący głos.

Porównawczo-anatomiczne badania i obserwacje przypadków patologicznych u człowieka przemawiają za tem, że wrażenia słuchowe powstają wyłącznie tylko za pośrednictwem opisanych w poprzednim ustępie zakończeń nerwowych i bywają wywołane przez wstrząśnienia endolimfy. Wstrząśnienia endolimfy mogą być wywołane jednakże w dwójaki sposób: nasamprzód wskutek przewodzenia fal głosowych za pośrednictwem ucha zewnętrznego i średniego, błony bębenkowej i aparatu umieszczonego w uchu środkowym, który to rodzaj przewodzenia będziemy nazywali *przewodzeniem przez powietrze*, albo wstrząśnienia te

mogą być wywołane bezpośrednio w samym błędniku, gdy fale głosowe wywołują wstrząśnienia kości czaszki, i ten rodzaj będziemy nazywali *przewodzeniem przez kości*. Wrażenia słuchowe fizyologiczne prawie wyłącznie bywają wywoływane pierwszym sposobem, gdyż fale głosowe są zwykle zbyt słabe, aby mogły wywołać wstrząśnienie kości czaszki; lecz jeżeli ciało, które wydaje głos lub dźwięk, bezpośrednio dotyka kości, na przykład, dzwiczący stroik (*kamerton*) lub zegarek kieszonkowy, przyłożony do wyrostka sutkowego lub między zębami, to w takim razie słyszymy głos dzięki przewodzeniu przez kości. Istnieją zwierzęta, u których spotykamy wyłącznie ten drugi rodzaj przewodzenia, na przykład ryby, u nich bowiem narząd słuchowy składa się tylko z błędnika, zamkniętego w jamie kostnej lub chrząstkowej. Oczywiście, że w przypadkach, gdy ucho środkowe jest nieuszkodzone, wstrząśnienie kości może wywołać takie wstrząśnienie narządu przewodzącego w uchu środkowym, a w takim razie wywołany głos ma dwojakie pochodzenie: raz powstaje wskutek wstrząśnienia, udzielonego bezpośrednio błędnikowi, następnie wskutek wstrząśnienia narządu przewodzącego. Nawet w tych przypadkach, gdy zamknijemy szczelnie przewod zewnętrzny ucha, głos staje się silniejszy, co możemy wytłumaczyć tem, że wstrząśnienia, wywołane w uchu środkowym, odbijają się od błony bębenkowej i od powietrza w uchu zewnętrznym i wskutek tego stają się silniejszymi. W każdym razie jednakże przewodzenie przez kości jest słabsze, niż drogą zwyczajną; o tem łatwo się przekonać, jeżeli trzymamy w zębach kamerton tak długo, dopóki dźwięk słyszymy, a następnie, gdy go już nie słyszymy, podniesiemy go do małżowiny usznej, w takim razie przekonamy się, że kamerton jeszcze dzwiczy. Wobec przewodzenia głosu przez kości, możemy odbierać wrażenia głosowe nawet po zupełnem zniszczeniu narządu przewodzącego w uchu środkowym, jeżeli tylko narządy błędnika są w stanie normalnym i jeżeli ciało dzwiczące działa bezpośrednio na kości czaszki lub szczękę górną.

Narząd przewodzący ucha dzielimy na dwie części: na ucho zewnętrzne i ucho środkowe. Ucho zewnętrzne składa się z małżowiny, przewodu słuchowego i błony bębenkowej, ucho zaś środkowe stanowi jama bębenkowa, zawierająca trzy połączone zapomocą więzadełek kosteczki, mianowicie młoteczek, kowadełko i strzemiączko, oraz dwa mięśnie: mięsień napinający błonę bębenkową (*m. tensor tympani*) i mięsień strzemiączka (*musculus stapedius*).

Ucho zewnętrzne. Małżowina uszna wogóle ma za zadanie zbierać fale głosowe i przeprowadzać do przewodu słuchowego; jednakże zada-

nie to spełnia w zupełności tylko u tych zwierząt, u których ma ona kształt lejkowaty i jest ruchoma. Wobec tego, że kształt małżowiny u człowieka zupełnie jest odmienny, a ruchomość jest prawie żadna, znaczenie jej dla siły dźwięków odbieranych przez nas, jest stosunkowo niewielka. Możemy o tem się przekonać z obserwacji na ludziach, którzy wskutek przypadkowych uszkodzeń lub operacji chirurgicznych utracili małżowinę, czułość bowiem słuchu takich ludzi stosunkowo zmniejsza się bardzo nieznacznie, w porównaniu do stanu normalnego. Również o małym udziale małżowiny w zbieraniu głosu możemy się przekonać na ludziach zdrowych, jeżeli całą małżowinę wypełnimy jakąś miękką masą, na przykład woskiem, pozostawiając tylko wolnym otwór, prowadzący do przewodu słuchowego: doświadczenie w ten sposób wykonane świadczy, że czułość słuchu wskutek zmiany kształtu małżowiny zmniejsza się bardzo nieznacznie. Jednakże właśnie te ostatnie badania, przeprowadzone przez Rimnego, wykazały, że obecność małżowiny nie jest bez wpływu i u człowieka; autor ten bowiem przekonał się, że po wypełnieniu małżowiny woskiem, chód zegarka kieszonkowego słyszy się z bliższej odległości, niż wtedy, gdy małżowina nie jest woskiem wypełniona. Za tem przemawia i ten powszechnie znany fakt, że w przypadkach, gdy chcemy słyszeć jakiś słaby głos, zwykle przystawiamy do ucha dłoń zgiętą w kształcie małżowiny i podnosimy nieco małżowinę; że ta operacja pomaga, można widzieć także z tego, że nią się posługują ludzie ze słuchem nieco przytępionym nawet podczas zwykłej rozmowy. Z tego także wynika, że osoby, u których tylna część małżowiny jest więcej odstająca od czaszki mogą nieco lepiej słyszeć, niż te, u których małżowina zupełnie dokładnie do czaszki przylega. Badanie skrętów małżowiny wykazuje, że nawet w przypadkach, gdzie małżowina jest zupełnie płaska i zupełnie przylega do czaszki, musi ona wskutek tego kształtu zwiększać, przez odbicie, ilość fal głosowych, trafiających do przewodu słuchowego.

Skoro fale głosowe dostały się do przewodu słuchowego, wskutek odbijania się od jego ścian, biegną one dalej, aż do błony bębenkowej, prawie zupełnie nie słabnąc; natomiast zgięcia kanału, które spotykamy w pierwszej trzeciej części przewodu, mają tę dodatnią stronę, że zatrzymują cząsteczki stałe, zawarte w powietrzu, i w ten sposób w części przeszkadzają zanieczyszczaniu się przewodu słuchowego. Tę samą rolę odgrywa prawdopodobnie także woskowina, która jako lepka masa, powlekająca ściany przewodu, zatrzymuje wszystkie cząsteczki ciał stałych, które z falami powietrza do przewodu się dostają. Że podczas

fizyologicznego przewodzenia fale głosowe przebiegają w uchu zewnętrznem tylko przez powietrze, widzimy z tego, że po dokładnem zamknięciu przewodu słuchowego, nie tylko nie możemy słyszeć chodu zegarka, ale nawet daleko silniejszych dźwięków, nawet jeżeli ciała, wydające dźwięk, przykładamy do małżowiny bezpośrednio, jakkolwiek możemy je słyszeć przykładając na przykład do czaszki; z czego wypada, że małżowina, jak również i ściana przewodu słuchowego, są bardzo złymi przewodnikami głosu.

Ta okoliczność, że małżowina stosunkowo mało odbija fal głosowych do przewodu słuchowego, jest przyczyną, że najsilniej słyszimy w tym przypadku, gdy fale głosowe swoim kierunkiem trafiają wprost do przewodu, wskutek czego kierunek rozchodzącego się głosu możemy oznaczyć bardzo łatwo, poruszając głowę i ustawiając jedno ucho w położeniu najodpowiedniejszym dla danego kierunku fal głosowych; jednakże, słuchając za pomocą obu uszu, możemy kierunek, w którym głos dochodzi, oznaczyć także i bez poruszania głową, dzięki różnicy w sile, z jaką ten głos słyszimy w obu uszach; w tym przypadku jednak, t. j. bez poruszania głowy, możemy oznaczyć łatwo kierunek tylko wtedy, gdy głos pochodzi z prawej lub lewej strony, o wiele trudniej, gdy z tyłu lub z przodu, a jeszcze trudniej, gdy głos się rozchodzi z góry lub z dołu. Że w tym przypadku sama małżowina nie odgrywa żadnej roli, jako przewodnik, widzieliśmy już z przytoczonego wyżej doświadczenia; — dlatego też zapatrywanie, jakoby małżowina pośredniczyła w przewodzeniu głosu, które pierwszy wygłosił Weber, można stanowczo odrzucić.

Kształt małżowiny pozwala przypuszczać, że odgrywa ona pewną rolę, nie pod względem siły głosu, a w szczególności dźwięku, lecz pod względem jego barwy, wskutek tego, że rozmaite jej zagłębienia odgrywają poniekąd rolę małych rezonatorów. Ztąd też prawdopodobnie wynika fakt, na który zwrócił uwagę Raleigh, że kierunek tonu, z którym są połączone sznery, lepiej możemy odróżnić, niż ton czysty, i że kierunek takich dźwięków, jak mowa ludzka, możemy oznaczyć nawet w przypadku, gdy one pochodzą z przodu lub z tyłu. Możliwość oznaczenia kierunku pochodzi prawdopodobnie od różnicy barwy dźwięków, o której będziemy mówili niżej, a która oczywiście w obu wymienionych przypadkach, może być inną. Na dowód można przytoczyć jedno doświadczenie Weбера, przeprowadzone zupełnie w innym celu. Mianowicie, jeżeli w pokoju przyłożymy ręce do uszu z przodu, dłońmi nieco wygiętą ku tyłowi i następnie słuchamy mowy osoby znajdującej się

przed nami, to odbieramy wrażenie, jakby mowa pochodziła od osoby, znajdującej się z tyłu: obecność ręki przy uchu zmniejsza rezonans zagłębień małżowiny i wskutek tego tony nabierają tej samej barwy, jaką posiadają tony osoby, stojącej rzeczywiście z tyłu.

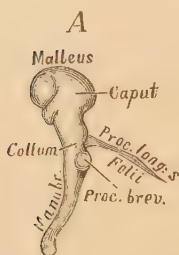
Błona bębenkowa. W błonie bębenkowej odróżniamy trzy warstwy: zewnętrzną od strony przewodu słuchowego, która jest przedłużeniem skóry, wewnętrzną, od strony jamy bębenkowej, będącą przedłużeniem błony śluzowej tejże jamy, i środkową, stanowiącą właściwą błonę bębenkową (*membrana tympani*), a złożoną wyłącznie prawie z włókien tkanki łącznej. Ponieważ pierwsza i druga warstwa składają się również z tkanki łącznej i nabłonka, więc właściwa błona bębenkowa składa się z trzech warstw tkanki łącznej i dwóch warstw nabłonka. Zewnętrzna warstwa o tyle różni się od skóry, że nie posiada żadnych brodawek, jest zupełnie gładka, podczas gdy brodawki znajdujemy jeszcze na ścianie przewodu słuchowego. Nabłonek warstwy zewnętrznej jest to 2—3 warstwowy nabłonek *strati cornei* skóry, a pod nim zwykle leży warstwa komórek cylindrycznych, niskich, posiadających jądra, zwana *stratum germinativum*. Warstwa tkanki łącznej składa się z włókien sprężystych i zbitych; kierunek włókien w warstwie wewnętrznej jest przeważnie promienisty, w zewnętrznej, oprócz włókien przebiegających promienisto, znajdujemy także włókna ułożone pierścieniowo. Brzeg warstwy tkanki łącznej jest nieco zgrubiały i tworzy tak zwane kółko ścięgniście, które z jednej strony łączy się z okostną, z drugiej z błoną bębenkową. Nabłonek wewnętrznej warstwy jest płaski, niski, bez migawek; na tej stronie spotkać można gdzieś brodaweczki. Błona bębenkowa jest obficie unaczyniona; naczynia przedstawiają dwa układy, jeden zewnętrzny, pozostający w związku ze skórą, drugi wewnętrzny, związany z błoną śluzową jamy bębenkowej; oba te układy łączą się z sobą zapomocą gałązek zwanych przebijającymi (*rami perforantes*).

Jama bębenkowa (*cavum tympani*) znajduje się w głębi kości skalistej i komunikuje z jednej strony z *cellulae mastoideae*, z drugiej, za pośrednictwem trąbki Eustachiusza, z jamą nosową. Jest ona wysłana błoną śluzową o nabłonku jednowarstwowym, jednakże nabłonek w rozmaitych miejscach nie jest jednakowy: od środka i z tyłu są komórki cylindryczne, opatrzone rzęskami i jądrem z jąderkiem; na *promontorium*, na powierzchni kosteczek słuchowych i w *cellulae mastoideae* komórki są płaskie, wieloboczne; są także miejsca o nabłonku przejściowym, niekiedy cylindrycznym, o jądrach, ustawionych na rozmaitej wysokości w sąsiednich komórkach, co nadaje mu osobne charakterystyczne wej-

rzenie, jakby nabłonka dwuwarstwowego. Niektórzy autorowie znaleźli w błonie śluzowej także gruczoły cewkowe.

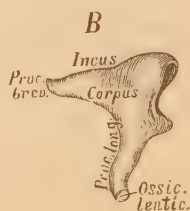
Kosteczki słuchowe. Wspomniane wyżej kosteczki słuchowe, połączone ze sobą zapomocą stawów, ciągną się od błony bębenkowej do błonki, zamykającej okienko owalne błędnika. Stanowią one narząd bardzo łatwo się poruszający około jednej wspólnej osi, o której będzie mowa niżej, ruch więc tego narządu, wobec małej objętości i lekkości, może się odbywać pod wpływem bardzo małych sił. Idąc od zewnątrz napotykamy tuż za błoną bębenkową *młoteczek* (*malleus*). Na nim od-

Ryc. 196 A.



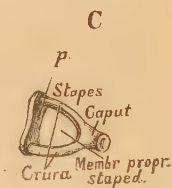
A młoteczek.

Ryc. 196 B.



B kowadełko.

Ryc. 196 C.

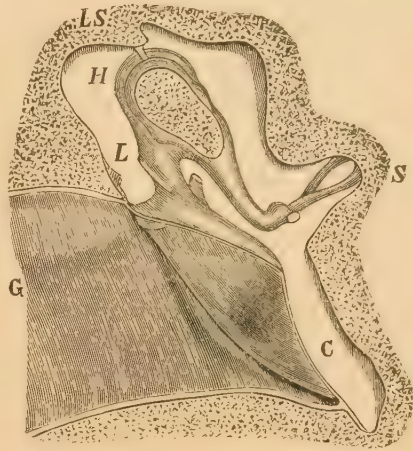


C strzemiączko.

różniamy (patrz rycinę 196 A): główkę (*caput*), szyjkę (*collum*), wyrostek długi (*processus longus*), wyrostek krótki (*processus brevis*) i rękojeść (*manubrium*). Młoteczek jest połączony z drugą kosteczką, którą zowiemy kowadełkiem (ryc. 196 B). Kowadełko posiada również trzon (*corpus*), wyrostek długi i krótki. Kowadełko łączy się z trzecią kosteczką zwaną strzemiączkiem, które składa się z główki (*caput*), dwóch nóżek (patrz ryc. 196 C) (*crura*) i podstawy (*p*). Pomiedzy nóżkami i podstawą rozpięta jest błonka (*membrana propria stapedis*). Kosteczki te są połączone w sposób następujący: rękojeść młoteczka jest zrośnięta (patrz ryc. 197) z błoną bębenkową (*e*), przyczem koniec rękojeści przylega do środka tej błony; główka zaś łączy się zapomocą stawu z kowadełkiem, wyrostek długi młoteczka jest skierowany ku przodowi i zapomocą osobnego wiązadełka przyczepia się do ściany jamy bębenkowej. Od górnej ściany jamy bębenkowej wprost w kierunku główki młoteczka rozpoczyna się osobne wiązadełko, zwane *ligamentum mallei superius*; wiązadełko to pomimo swojej sprężystości służy do powstrzymania większych ekskursyj ruchów główki młoteczka. Podobne wiązadełko łączy szyjkę młotka ze *spina tympani* pod nazwą *ligamentum mallei antierius*. Główka młoteczka, jak

zaznaczyliśmy wyżej, tworzy połączenie stawowe z kowadełkiem, którego krótki wyrostek przebiega poziomo ku tyłowi i zapomocą osobnego wiązadełka jest przymocowany do tylnej ściany jamy bębnekowej, długi zaś idzie prawie równolegle do rękocyści młoteczka i zapomocą zaostrzonego koniuszka łączy się z góry i ku wewnątrz z osobną kosteczką zwaną *os lenticulare*. Ta ostatnia pośredniczy w połączeniu tego wyrostka ze strzemiączkiem, które zostaje do niego prawie pod kątem prostym. Staw pomiędzy główką młoteczka a kowadełkiem, dzięki wiązadełkom, które ich łączą, jest tak utworzony, że podczas każdego ruchu główki młoteczka ku zewnątrz, kosteczki te coraz więcej do siebie przylegają, a przeciwnie podczas ruchu główki młoteczka ku wewnątrz, od siebie się odsuwają. Wskutek połączenia błony bębnekowej z rękocyścią młoteczka, która na błonie przebiega od środka ku brzegowi, oraz wskutek umocowania kosteczek między sobą, jak również podstawy strzemiączka w okienku owalnym, błona bębnekowa wpukła się nieco ku wewnątrz i przedstawia lejkowate zagłębienie. Napięcie błony bębnekowej może być zwiększane działaniem mięśnia *tensor tympani*, który

Rycina 197.



Narząd kostny ucha wewnętrznego. C Błona bębnekowa. L Przyczepienie wiązadełka boczne. LS Węzidełko górne. H Główna młoteczka.

się rozpoczyna od zewnętrznej ściany trąbki Eustachiusza i w niej też głównie leży, następnie ciągnie się w kierunku poprzecznym przez *processus cochleariformis* i przyczepia się prawie pod kątem prostym do krótkiego wyrostka młoteczka, tuż pod jego szyjką, wskutek czego skurcz tego mięśnia odciąga młoteczek ku wewnątrz i przez to napina błonę bębnekową. Prócz tego znajdujemy w jamie bębnekowej drugi mięsień, mianowicie *musculus stapedius*, przymocowany jednym końcem do wyniosłości piramidalnej (*eminentia pyramidalis*), stercecej na tylnej ścianie jamy, drugim zaś do główki strzemiączka. Znaczenie tego mięśnia nie jest dotychczas dostatecznie wyjaśnione: niektórzy autorowie przypuszczają, że mięsień ten, odciągając strzemiączko ku zewnątrz, zmniejsza

napięcie błony bębenkowej. Jednakże uwzględniając kierunek, w którym ściętno tego mięśnia zostaje pociągane, trzeba by raczej przypuścić, że czynność jego ma za zadanie nieco pochyłać strzemiączko, a wskutek tego ustawiać skośnie podstawę jego w okienku owalnym; takie ustanowienie strzemiączka powodowałoby tylko zmniejszenie wahań błonki okienka owalnego, a więc mięsień ten działałby jako tłumik w tych razach, w których ruchy błony owalnej są zbyt silne.

Kosteczki słuchowe, jak widzimy, stanowią osobny mechanizm nadzwyczaj lekki i o bardzo małej bezwładności. Są one otoczone błoną śluzową i powiązane między sobą więzadełkami, a oprócz tego przymocowane do części otaczających. Wskutek takiego połączenia nasamprzód mogą się poruszać jako jedna całość tylko w pewnym kierunku, a następnie, podczas drgań błony bębenkowej lub powietrza w jamie bębenkowej, nie przedstawiają częściowych drgań poprzecznych, jakie na przykład można obserwować w ciałach stałych pod wpływem fal głosowych, lecz zawsze poruszają się pod wpływem tych fal tylko jako całość. Jeżeli uwzględnimy ich połączenia między sobą, jak również przymocowanie ich do otoczenia, to łatwo możemy widzieć, że tworzą one łamaną dźwignię, poruszającą się około jednej osi, która podług Helmholtza przechodzi przez szyjkę młoteczka w kierunku *processus folianus*; dolną część stawu, między młoteczkiem a kowadełkiem. Wiązadełka młoteczka utrzymują tę oś stale w jednym położeniu, a dzięki temu, że się przyczepiają tylko do młoteczka, utrzymują go również w tem samym położeniu nawet w tym przypadku, gdy inne kosteczki zostaną odjęte. Ponieważ rękojeść młoteczka, aż do krótszego wyrostka, jest zrosnięta z błoną bębenkową, przeto gdy błona bębenkowa wraz z rękojeścią posuwa się ku wewnątrz, główka młoteczka, obracając się koło owej osi, podaje się nieco ku zewnątrz; a ponieważ jest ona połączona z kowadełkiem, które jest przymocowane do niej od góry, za pomocą osobnego więzadełka, przeto wobec tego ruchu główki młoteczka, powierzchnie stawowe obu tych kosteczek, coraz silniej przylegają do siebie; nadto, obecność małych występów na młoteczku przed szyjką i bocznych wyrostków na kowadełku sprawia, że te występy zahaczają się wzajemnie i unieruchamiają staw tak, że ruchy obrotowe młoteczka około wspomnianej osi pociągają za sobą także obrotowe ruchy kowadełka, około tej samej osi. Ponieważ długi wyrostek kowadełka przebiega prawie równolegle do rękojeści młoteczka, więc ruchy obu tych części są jednakowe, t. j. gdy błona bębenkowa wpukla się ku wewnątrz, wyrostek długi kowadełka posuwa się także ku wewnątrz; a ponieważ

wyrostek ten jest połączony ze strzemiączkiem pod kątem prostym, więc tem samem naciska na to ostatnie. Strzemiączko teraz z kolei włącza błonkę okienka owalnego w stronę błędnika. Jeżeli odwrotnie błona bębena wypukli się ku zewnątrz, to ząbki młoteczka odstają od ząbków kowadełka, wiązadełko między temi kosteczkami się zwalnia, a wskutek tego ruch młoteczka w ślad za błoną bębenkową ku zewnątrz nie pociąga za sobą ruchu kowadełka w tym kierunku, gdyż powierzchnie stawowe tylko się nieco odsuwają od siebie i następnie wracają do pierwotnego położenia prawdopodobnie wskutek sprężystości samej błonki okienka owalnego. Ten stosunek pomiędzy błoną bębenkową a kosteczkami słuchowymi pozwala, jak widzimy, najzupełniej na ruch całego układu kosteczek *in toto*, i za pośrednictwem tego ruchu każde drganie błony bębenkowej przenosi się na błonkę okienka owalnego.

Wspomnieliśmy wyżej, że połączenie takie kosteczek słuchowych tworzy właściwie łamaną dźwignię, której jedno ramię stanowi rękojeść młoteczka aż do osi, drugie zaś ramię — kowadełko wraz ze swoimi wyrostkami. Ponieważ podług Helmholtza pierwsze jest półtora raza dłuższe od drugiego, przeto wahania młoteczka są większe od wahań wyrostków kowadełka względem strzemiączka półtora raza; odwrotnie oczywiście zachowuje się siła, z jaką rękojeść kowadełka naciska na strzemiączko, a to na okienko owalne. Jeżeli nadto uwzględnimy, że błona bębenkowa jest 15—20 razy większa od błonki okienka owalnego, to musimy przyjąć, że siła nacisku, z jaką kowadełko przez strzemiączko działa na błonkę okienka owalnego, będzie także 15—20 razy większa, podczas gdy wahania tej ostatniej w tym samym stosunku są mniejsze. Oczywiście że wobec małej bezwładności całego narządu, przenoszącego te wahania, z pierwotnej siły, która wywołuje ruch błony bębenkowej, wskutek tych wymiarów zupełnie nic nie ginie, lecz ona zostaje niejako skoncentrowana na mniejszej przestrzeni.

Przenoszenie się fal głosowych w uchu środkowem.

Jako następstwo każdego poruszenia błony bębenkowej musi być wahanie cieczy w błędniku, względnie zmiana w jej ciśnieniu. Wiadomo z fizyki, że każda błona napięta może być wprowadzona w drganie tylko w tym przypadku, jeżeli dźwięk jakiś odpowiada jej własnemu tonowi, na wszystkie zaś inne dźwięki pozostaje zupełnie nieczułą. Wiadomo również, że liczba wahań takiego tonu zwiększa się z napięciem błony,

a zmniejsza się w miarę wielkości błony. Z tegoby wynikało, że i dla błony bębenkowej ucha może istnieć tylko jeden ton, który za pośrednictwem fal powietrza może wywołać jej drganie; jednakże doświadczenie uczy, że zapomocą naszego ucha możemy słyszeć tony o najrozmaitszej liczbie drgań: poczynawszy od 60 i niżej, aż do 4000 i wyżej na sekundę i wszystkie te tony słyszymy jednakowo dobrze. Albo więc błona bębenkowa posiada osobny mechanizm, który zwiększa lub zmniejsza jej napięcie i w ten sposób działa jako mechanizm akomodacyjny, t. j. przystosowuje ją do każdego tonu, albo, że cały narząd, przenoszący głos, jest tak urządzony, że go wprawiają w drganie wszelkie tony. To pierwsze przypuszczenie wymagałoby udziału jakiegoś narządu nerwowo-mięśniowego, któryby odruchowo regulował napięcie błony bębenkowej. Ponieważ z doświadczenia wiemy, że w ciągu jednej sekundy możemy 10 i więcej rozmaitych tonów, o rozmaitej liczbie drgań dokładnie odróżnić, i ponieważ na akt odruchowy musielibyśmy przyjąć conajmniej $\frac{1}{10}$ sekundy, przeto przypuszczenie to, wobec zresztą braku w samej błonie bębenkowej jakiegoś narządu nerwowo-mięśniowego, któryby pozwalał odrazu ocenić liczbę drgań pewnego dźwięku, wydaje się zupełnie nieprawdopodobnem; z tego też powodu wyjaśnienia tego faktu szukano na innej drodze, a mianowicie w urządzeniu samej błony bębenkowej. Nadmienić jednak muszę, że badania Heinricha dokonane w fizycznej pracowni w Krakowie wykazują, iż zmiany napięcia *musculi tensoris tympani* rzeczywiście wpływają na rezonans błonki bębenkowej, mimo tego faktu niepodobna sobie zdać sprawy, jaki mechanizm mógłby uczestniczyć w odruchowym przystosowaniu się błonki bębenkowej, dlatego wydaje mi się więcej prawdopodobnem następujące tłumaczenie: Wiadomo każdemu, że jeżeli błonkę gutaperkową napiętą przypuścimy na brzegach szklanki, będziemy palcem wpuklali do środka, to wgłębienie błony utworzy lejek, przyczem możemy widzieć, że napięcie rozmaitych części tej błony jest niejednakowe: w miejscu najbardziej zagłębionem błona jest najcieńsza, a więc najbardziej napięta, zaś ku brzegowi jest coraz grubsza, a więc napięcie coraz bardziej się zmniejsza. Ażeby się przekonać, czy rzeczywiście błona tak napięta może mieć rozmaite tony własne, t. j. może przechodzić w drganie wobec rozmaitych tonów, urządził Helmholtz następujący przyrząd (ryc. 198). Jest to zwykły monochord, ustawiony nad rezonatorem, którego górną część zamyka błonka lejkowato wgłębiona zapomocą specjalnej podstawki, opierającej się jednym końcem o środek błonki, a drugim o strunę. Przesuwając podstawkę struny lub zmieniając jej napięcie, można otrzymać

rozsmaite tony. Otóż doświadczenia z tym przyrządem wykazały, że jeżeli nastawimy strunę na pewien ton, przed rurką *R* ustawimy kamerton o tym samym tonie, to za każdym razem, gdy kamerton wydaje ton, struna *AA* zostaje także wprawiona w drganie, które możemy bardzo dobrze widzieć, jeżeli na strunie umieścimy lekkie papierki; papierki te podczas drgania struny z niej spadają. W tym przypadku zatem lejkowato zagłębiona błona przenosi ton kamertonu na strunę. Zmieniając natężenie struny i wywołując przed rurką *R* rozmaite inne tony, możemy się przekonać, że fakt ten się powtarza, pomimo jednakiego na-

Rycina 198.



Monochord z błoną lejkowatą podług Helmholtza.

pięcia błony przy wszystkich tonach. Również można było stwierdzić, że błonka drgała także, gdy fale tonu przechodziły przez nią w odwrotnym kierunku, t. j. jeżeli wywoływało się drgania struny np. zapomocą smyczka lub szarpnięcia, gdyż w tym przypadku bardzo wyraźnie można było słyszeć ton struny w otworze rurki *R*.

Doświadczenia te wskazują, że kształt błony bębenkowej w uchu pozwala na to, aby ona, mimo istnienia lub braku zmian w napięciu, odpowiadała drganiem na działanie rozmaitych tonów. Z tego wynika, że fale głosowe powietrza nie wywołują drgań całej błony bębenkowej, lecz odpowiednio do liczby drgań, wprawiają w ruch tylko pewne jej części, te zaś, wskutek połączenia z rękojeścią młoteczka, za pośrednictwem kosteczek słuchowych, udzielają się błoncie okienka owalnego. Cały ten narząd przedstawia pewną analogią z telefonem lub fonografem Edison'a, które również wszelkie dźwięki o rozmaitej liczbie drgań, wszelkie szmery, a zatem i mowę ludzką, zupełnie dokładnie oddają.

Znaczenie narządu przenoszącego głos można ocenić w tych przypadkach, gdzie zachodzą pewne zmiany patologiczne lub wrodzone w jamie bębnekowej, jak zrośnięcie kompletne i unieruchomienie kosteczek słuchowych lub ich brak, zmiany w ciśnieniu powietrza w jamie bębnekowej lub wypełnienie jej ropą albo cieczą: we wszystkich tych przypadkach, w których z jednej strony drganie samej błony bębnekowej, z drugiej ruch kosteczek staje się utrudniony lub niemożliwy, spotykamy także znaczne osłabienie słuchu. Przenoszenie się więc fal powietrznych wprost do okienka owalnego, jakkolwiek może przez wywołanie drgań w błędniku, wywołać czucie głosowe, to jednakże wywołuje je o wiele słabiej, niż w warunkach prawidłowych.

Jakież znaczenie ma *musculus tensor tympani* wobec faktu, że błona bębnekowa odczuwa wszelkie dźwięki i przenosi je do okienka owalnego? Na podstawie spostrzeżeń Charpringera nad samym sobą, który miał posiadać zdolność dowolnego kurczenia *tensoris tympani*, mięsień ten podczas skurczu rzeczywiście zwiększa napięcie błony bębnekowej i wpukła ją ku wewnątrz, do tego stopnia, że manometr wstawiony do kanału słuchowego zewnętrznego wykazuje obniżenie ciśnienia; fakt ten stwierdził autor także i u innych osób. Otóż to zwiększenie napięcia błony bębnekowej zapomocą mięśnia wskazuje, że tu, podobnie jak w oku, mamy rzeczywiście do czynienia z pewnym mechanizmem akomodacyjnym; jednak to przystosowanie się, które spotykamy w uchu, nie występuje podczas każdego dźwięku, lecz tylko podczas pewnej kategorii dźwięków. Podług tego samego autora, podczas skurczu mięśnia *tensor tympani* i zwiększonego napięcia błony bębnekowej, ucho gorzej odróżnia niskie tony, a natomiast lepiej słyszy wysokie, t. j. niższa granica tonów słyszalnych się podnosi, tak, że najniższy ton, który autor mógł odróżnić, miał aż 70 drgań na sekundę, natomiast wszystkie tony powyżej 1000 drgań można było słyszeć daleko wyraźniej. Inni autorowie jednakże faktu tego nie stwierdzili; natomiast istnieją spostrzeżenia, jak na przykład Macha i Kessela, które wskazują, że skurcz tego mięśnia zmniejsza wobec tych samych tonów wielkość wahań błony bębnekowej; autorowie ci czynią również uwagę, że po przecięciu ścięgna tego mięśnia, wahania błony bębnekowej się zwiększają, podczas skurczu zaś mięśnia się zmniejszają. Podług tego drugiego zapatrywania, rola mięśnia *tensoris tympani* redukowałaby się wprost do tego, że skurcz jego miałby służyć tylko do przytłumiania wahań błony bębnekowej.

Trąbka Eustachiusza.

Gdyby jama bębenkowa była szczelnie zamknięta, a zarazem wypełniona powietrzem, lub jakimś innym gazem, wskutek rozmaitych wpływów, zachodzących w ciśnieniu atmosferycznem albo w samej jamie bębenkowej, ciśnienie zawartego w niej gazu musiałoby ulegać także odpowiednim wahaniom. Zresztą ta jama nie mogłaby pozostać wypełniona powietrzem wskutek tego, że powietrze ulegałoby wessaniu, a wskutek obniżenia ciśnienia albo jama sama musiałaby się wypełnić cieczą surowiczą, albo też wskutek ciśnienia z zewnątrz stopniowo się zmniejszać, aż do zupełnego zaniku. Wszystkim tym ewentualnościom zapobiega połączenie jamy bębenkowej z jamą nosowo-połykową (*cavum pharyngonasale*) zapomocą trąbki Eustachiusza. Trąbka ta rozpoczyna się w postaci lejkowatego rozszerzenia w jamie bębenkowej i posiada ściany w części chrząstkowe, w części błoniaste. Kanał, prowadzący od tego lejkowatego rozszerzenia z początku stopniowo się zwęża, następnie znowu nieco rozszerza. Otwór, prowadzący do jamy nosowo-połykowej, jest stale zamknięty i otwiera się tylko w chwili aktu połykania. Że podczas aktu połykania rzeczywiście otwór ten się może otwierać, dowodzi następujące doświadczenie Valsalvy. Jeżeli zamknijemy szczelnie nos i usta i wykonamy silny wydech, a podczas wydechu ruch połykowy, to w tej chwili odbierzemy wrażenie silnego ucisku w uszach, z powodu przejścia powietrza przez trąbkę Eustachiusza, i uczujemy szmer, który pochodzi prawdopodobnie od poruszenia się kosteczek słuchowych i błony bębenkowej, wprawionych w ruch powietrzem, które do jamy bębenkowej się dostało. Niektóre osoby odczuwają ten szmer przez pewien czas, a oprócz tego ucisk na samą błonę bębenkową. Jeżeli następnie otworzymy nos i usta i wykonamy na nowo ruch połykowy, to wszystkie te objawy zupełnie ustępują i lekkie przytłumienie słuchu, które występuje podczas powyższego doświadczenia, także znika. W ten sam sposób można zamiast ciśnienia dodatniego, wywołać ciśnienie ujemne, jeżeli ruch połykowy wykonamy po zamknięciu ust i nosa, podczas głębokiego wdechu. Otwieranie się trąbki Eustachiusza podczas aktu połykania, zależy najprawdopodobniej od skurczu mięśnia *petro-salpingostaphylinus*, który przebiega obok ściany błoniastej kanału trąbki. Być może, że pewną rolę w tym względzie odgrywają także mięśnie *tensori palatini* i *constrictor pharyngis superior*, które również znajdują się w pobliżu ujścia trąbki Eustachiusza.

Przytępienie słuchu występuje tak podczas zwiększonego, jak i zmniejszonego ciśnienia w jamie bębenkowej, lecz przyczyny tego zjawiska są rozmaite: podczas zwiększonego ciśnienia błona bębenkowa wypukła się ku zewnątrz, a wskutek tego zetknięcie się młoteczka z kowadełkiem, mianowicie przyleganie ich ząbków, nie jest tak ściśle, jak w stanie prawidłowym, więc ruchy błony bębenkowej wywołane falami głosowemi nie udzielają się kowadełku z taką dokładnością, jak podczas ciśnienia normalnego; ciśnienie zaś ujemne wywołuje odwrotnie wpuklenie się błony bębenkowej ku wewnątrz, co, jak zauważyliśmy wyżej, zmniejsza jej czułość na tony niskie, do których wypada zaliczyć i dźwięki mowy ludzkiej; prócz tego silne wpuklenie błony bębenkowej ku wewnątrz silniej wciska strzemiączko w okienko owalne, wskutek czego może wystąpić osłabienie słuchu i na tony wyższe.

Trąbka Eustachiusza służy nadto prawdopodobnie do wyprowadzenia pewnych wydzielin błony śluzowej jamy bębenkowej; wydalenie to może się odbywać przy udziale nabłonka migawkowego, który cały kanał trąbki wyściela i którego migawki wykonywają ruch ku jamie nosowo-połykowej. Tak tedy, za pośrednictwem trąbki Eustachiusza osiągamy ten wynik, że ciśnienie wewnątrz jamy bębenkowej prawie stale jest to samo, co na zewnątrz; chociaż otwór zewnętrzny trąbki jest zamknięty, to jednakże, wskutek częstych ruchów połykowych, które bezwiednie nawet co pewien czas wykonywamy nie tylko na jawie, ale i podczas snu, otwieranie się tego ujścia następuje tak często, że to chwilowe połączenie jamy bębenkowej ze światem zewnętrznym zupełnie wystarcza do utrzymania jednakowego ciśnienia. To, że trąbka Eustachiusza zwykle jest zamknięta, ma swoją dodatnią stronę z tego względu, że dźwięki naszej własnej mowy nie dostają się wprost do ucha i że je słyszymy tak, jak gdyby pochodziły od osoby drugiej, w przeciwnym razie własny głos słyszelibyśmy daleko wyraźniej i wcześniej, niż go wydamy.

Powstawanie wrażeń słuchowych.

Widzieliśmy już wyżej, w jaki sposób fale głosowe zapomocą błony bębenkowej i kosteczek słuchowych przenoszą się do błędnika. Ponieważ błędnik jest całkowicie wypełniony cieczą, więc oczywiście każde poruszenie błonki okienka owalnego musi wywołać odpowiednie zwiększenie ciśnienia w samym błędniku, tak w limfie zewnętrznej, jakoteż i w wewnętrznej, które odgraniczają tylko przegrody błoniaste. Ta zmiana

w ciśnieniu cieczy oczywiście będzie taka sama, jak w każdej rurce sprężystej; z początku będzie narastała, następnie się zmniejszała, a dzięki temu, że narządy błędnika zajmują przestrzeń stosunkowo bardzo małą, ostatecznie prawie w jednej chwili rozejdzie się po całym narządzie. Lecz oprócz przebiegu fali, zwiększonego lub zmniejszonego ciśnienia i ogólne ciśnienie cieczy musi się zwiększyć lub zmniejszyć podczas każdego ruchu błonki okienka owalnego; nasamprzód ta zmiana w ciśnieniu musi objąć limfę zewnętrzną przedsionka, kanałów łukowatych, *sacculi* i *recessus* i całą *scala vestibuli*. Otworek, istniejący na szczycie *scalae vestibuli*, zwany *helicotrema*, jest zanadto mały, aby mógł służyć do wyrównania tego ciśnienia, przeto wypada przyjąć, że część błoniasta blaszki spiralnej i błonki Reisnera wskutek swojej podatności, główną tu odgrywają rolę, tak, że zwiększenie ciśnienia w *scala vestibuli* odbija się na całej przestrzeni ślimaka: i na ciśnieniu w *ductus cochlearis*, i na ciśnieniu w *scala tympani*. Zmiana ciśnienia w *scala tympani* może być do pewnego stopnia zrównoważona przez podatność błonki okienka okrągłego. Te tedy zmiany ciśnienia cieczy, powstające w błędniku, bądź przenoszące się w postaci fali, bądź obejmujące całą ciecz, wypada uważać jako przyczynę, jako bodziec, który działa na zakończenia nerwowe. Zakończenia nerwowe, jak zauważyliśmy wyżej, są rozrzucone w kilku miejscach, głównie jednak leżą w organie Cortiego w ślimaku; lecz znajdujemy je także w tak zwanych *maculae acusticae* w przedsionku i błonistej części kanałów łukowatych. Ta różnorodność dźwięków, które możemy odróżnić, oraz zdolność odróżniania znacznej liczby tonów, nasunęła Helmholtzowi myśl postawienia następującej teorii. Wspominaliśmy już w fizjologii nerwów o tak zwanej specyficznej energii układu nerwowego, na którą pierwszy zwrócił uwagę Müller. Specyficzna energia objawia się w tem, że drażniąc włókna dośrodkowe w jakikolwiek sposób, zawsze wywołujemy te wrażenia, które, w warunkach fizjologicznych, podniety z tych włókien wywołują; tak na przykład nerw wzrokowy, drażniony mechanicznie, czy elektrycznie, zawsze daje wrażenie świetlne. Otóż Helmholtz przyjmuje tę specyficzną energię nie tylko dla całego nerwu słuchowego, lecz osobno dla każdego włókienka narządu słuchowego, a w szczególności dla elementów aparatu Cortiego i przypuszcza, że każde zakończenie nerwowe w tym organie, podrażnione w jakikolwiek sposób, daje tylko wrażenie jednego, ściśle określonego tonu. Z tego oczywiście wynika, że w naszej świadomości możemy tylko tyle odczuwać rozmaitych wrażeń słuchowych, lub mówiąc o tonach, tyle tonów, ile jest zakończeń nerwowych. Następnie

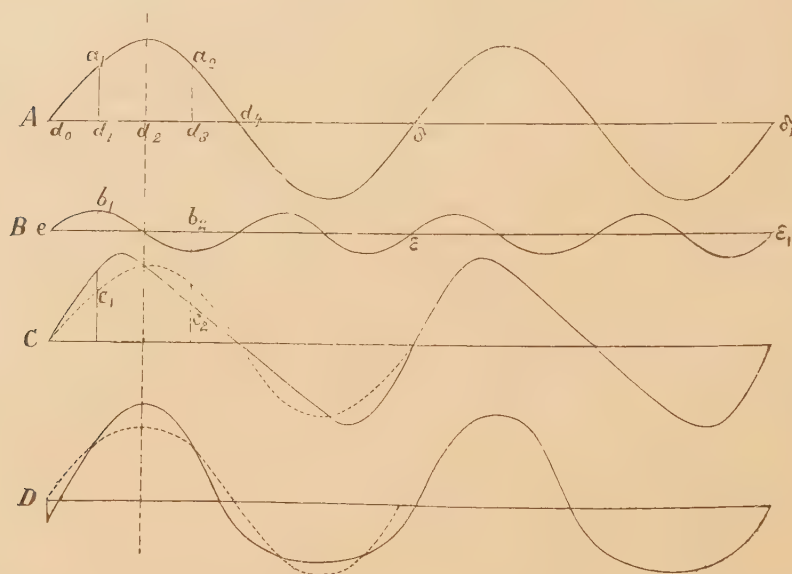
zachodzi kwestya, dlaczego naraz nie słyszymy wszystkich tonów, które z tych zakończeń nerwowych wywołane być mogą. Odpowiedź na to pytanie daje również Helmholtz, który przyjmuje, że organ Cortiego, a właściwie blaszka włóknista błonki podstawowej jest tak zbudowana, że w chwili, kiedy powstają zmiany w ciśnieniu cieczy w postaci fal, zmianom tym odpowiadają wskutek rezonansu drgania tylko odpowiednich włókien błonki podstawowej, która, gdybyśmy ją wyprostowali na płaszczyźnie przedstawiałaby się w postaci klina najwęższego u podstawy ślimaka i stopniowo się rozszerzającego ku wierzchołkowi, tak, że długość włókien przebiegających przez tę błonę poprzecznie, umieszczonych wśród miękkiej masy komórek i substancji klejowatych, jest coraz większa; podobnie więc jak pewna tylko struna fortepianu, gdy nad nim wywołujemy jakiś ton, odpowie na ten ton, tak i tu, wobec pewnej fali tylko włókno pewnej długości przechodzi w współdranie; a ponieważ na włóknach ustawione są elementy nerwowe, więc oczywiście drganie włókna udziela się tym elementom nerwowym, które też przechodzą w stan czynny; stan ten dochodzi do układu nerwowego środkowego i wskutek swoistej cechy (specyficznej energii) włókna nerwowego, po którym on przebiega, wywołane zostaje tylko pewne określone wrażenie czucia pewnego tonu. Robiono zarzuty tej teorii, że różnice między włóknami błonki podstawowej, w jej po sobie następujących odcinkach, są zbyt małe, ażeby ich długość lub napięcie pozwalały na tak wielką różnaitość tonów, jaką zapomocą naszego ucha odróżniamy; zauważyć jednakże wypada, że zarzuty te niezupełnie są słuszne, albowiem nie uwzględniają tej okoliczności, że te włókna są na całej przestrzeni obciążone rozmaitymi elementami, jak nabłonkiem, łukami Cortiego, komórkami owłosionemi słuchowemi, błonką siateczkowatą, błonką pokrywającą cały narząd z góry, co wszystko musi mieć wpływ i wskutek pewnych różnic uwarunkowywać także różnice w nastrojeniu włókienek, jeżeli można się tak wyrazić. Nadto te włókna prawdopodobnie nie drgają tak, jak struny napięte, lecz podobnie jak pręty stałe, znajdujące się w miękkim środowisku. Na tę różnicę tonów, być może, ma wpływ i samo ustawienie łuków Cortiego, które, jak zauważyliśmy wyżej, w rozmaitych miejscach przedstawia rozmaite odstęp: podczas gdy u podstawy pręciki łuków są do siebie zbliżone, u wierzchołka stoją one w większych odstępach. Wszystko to razem daje podstawę, ażeby teorię Helmholtza uważać jako najbardziej prawdopodobną.

Przyjmując tego rodzaju mechanizm, sam akt podrażnienia zakończeń nerwowych musimy uważać za czysto mechaniczny. Hessen nawet sądzi, że podczas wstrząśnięć, którym ulegają komórki owłosione, ustawione na włókieńkach błonki podstawowej, powstaje tarcie pomiędzy włoskami tych komórek i przylegającą do nich błonką od góry i w ten sposób wywołuje się w nich stan czynny, który następnie, bądź wskutek bezpośredniego połączenia nerwów z temi komórkami, bądź wskutek ich rozgałęzień w postaci dendrytów pomiędzy komórkami, udziela się samym włóknom nerwowym. Fał, powstające w przedsionku, zupełnie w ten sam sposób, wywołują współruchy we wspomnianych wyżej plamkach słuchowych (*maculae acusticae*), włoski komórek słuchowych podczas przebiegu tych fal zostają wprowadzone w ruch i przez zetknięcie się z otolitami, które w śluzowatej masie w tych okolicach się znajdują, również zostają podrażnione i wprowadzone w stan czynny tylko wskutek mechanicznego działania. Hensen obserwował nawet podobny ruch włosków pod mikroskopem w woreczkach słuchowych raków, przyczem wykazał, że włoski te mają rozmiarową długość, co oczywiście pozwalałoby przypuszczać, że współdrżanie ich występuje tylko wobec odpowiednich dźwięków. Jednakże większość autorów nie uważa za rzecz możliwą, ażeby ten ostatni narząd służył do odróżniania wysokości tonów, lub ażeby był nastrojony na pewne tony; przeciwnie sądzi, że on przechodzi w stan czynny wobec najrozmaitszych fal i wywołuje wrażenia słuchowe nieokreślone. Wskutek tego nawet niektórzy uważają, że czynność plamek słuchowych głównie występuje wobec głosów i brzmień złożonych z najrozmaitszych fal nieprawidłowych, na przykład tych, które nazywamy sznierzami. Tę samą rolę być może odgrywają końcowe aparaty nerwowe w *crista acustica* i w ampułkach, które podobnie są zbudowane, jakkolwiek niektórzy fizyologowie, począwszy od Flourensa, przypisują im zarazem inne znaczenie, a mianowicie uważają je za narządy, służące do ocenienia położenia głowy i odgrywające rolę w zachowaniu równowagi ciała. Kanały łukowate, jak wspomnieliśmy wyżej, leżą względem siebie w trzech pod kątem prostym przecinających się płaszczyznach; każda zmiana w położeniu głowy musi zatem pociągać za sobą ruch cieczy w jednym lub we wszystkich kanałach, a ruch ten cieczy, wywołując podrażnienie zakończeń nerwowych i wprowadzając je w stan czynny, wywołuje pewne uczucia, które pozwalają na wyrobienie sobie sądu o położeniu głowy.

Wrażenia słuchowe.

Podmiotowe wrażenia słuchowe, czyli właściwie czucia słuchowe, możemy podzielić na dwie kategorie: na tony i szmery. Tony powstają wtedy, gdy w powietrzu lub w ciałach, z którymi stykają się kości czaszki naszej, powstają prawidłowe drgania charakteru wahadłowego, szmery zaś wtedy, gdy głos, powstający w otaczającym nas środowisku

Rycina 199.



A i *B* krzywe tonów prostych. *A* ton zasadniczy. *B* 1-szy ton harmonijny. *C* dźwięk. *D* charakter krzywej dźwięku złożonego z 2-eh tonów, z których 1-szy ton harmonijny jest przesunięty o $\frac{1}{4}$ tonu.

przedstawia wielką różnorodność drgań i znaczną różnicę w natężeniu. Jeżeli tony w jakiś sposób zapiszemy, na przykład na obracającym się walcu, zapomocą odpowiedniego urządzenia, to otrzymamy figurę 199 *A* lub *B*. Taką krzywą można otrzymać, jeżeli jakiegokolwiek ciało wydające ton, na przykład sprężystą blaszkę lub kamerton, zaopatrzymy piórkiem, które narysuje ślad na obracającym się okopconym walcu.

Tony. W każdym tonie odróżniamy trzy następujące cechy: *a*) wysokość tonu, która zależy od liczby drgań na sekundę; im więcej

drgań, tem ton jest wyższy, b) siłę tonu, zależną od amplitudy, t. j. od siły drgań czyli od wysokości fali, gdy ją zapisujemy na walcu i c) barwę tonu, która zależy od kształtu fali.

Drgania, powstające w powietrzu, słyszymy jako tony, począwszy od 28—34 drgań na sekundę; w razie gdy drgania są rzadsze, ucho nasze odczuwa je jako drgania pojedyncze. W miarę jak liczba drgań w jednostce czasu wzrasta, wysokość tonu się zwiększa i możemy odróżnić tony nawet o 24000 drgań na sekundę; jednakże te wysokie tony są już przeważnie dla ucha naszego bardzo nieprzyjemne, w wysokim stopniu piskliwe, i niektóre osoby ich już nie odróżniają (naprzykład pisku nietoperzy). Zresztą oznaczenie tak wielkiej liczby drgań na sekundę przedstawia pewne trudności, tak, że ścisłej granicy wyższej słyszalnych tonów dotychczas dokładnie oznaczyć nie można. Starano się także oznaczyć, ile fal potrzeba, aby wrażenie pewnej wysokości tonu wywołać. Pod tym względem istnieją spostrzeżenia Savarta, który za pomocą zębatego kółka wykazał, że do wywołania wrażenia pewnego tonu wystarczają dwie fale. Podług Auerbacha i Kohlrauscha natomiast, wrażenie wyraźne pewnego tonu powstaje dopiero wskutek 16—20 drgań na sekundę.

Jeżeli uwzględnimy całą liczbę tonów, począwszy od 28 drgań na sekundę do 20.000, to musimy przyjąć, że każdej liczbie drgań musi odpowiadać w uchu naszym przynajmniej jedno włókienko błonki podstawowej; i rzeczywiście badania Waldeyera i Hensena wykazały, że liczba tych włókienek w uchu człowieka wynosi od 16—20 tysięcy.

Ponieważ jednak nie cały ten szereg tonów słyszalnych sprawia nam wrażenie przyjemne, więc z niego wydzielono tony przyjemne i nazwano je tonami muzycznymi; tony takie obejmują liczbę drgań od 28—30 do 4 tysięcy mniej więcej. Otóż ile z włókienek błony podstawowej bierze udział w odczuwaniu tonów muzycznych, a ile w odczuwaniu tonów wyższych ponad 4 tysiące drgań, z badań histologicznych obliczyć tego nie można, w każdym jednak razie spostrzeżenia nad muzykami świadczą, że ucho wprawne może odróżnić dwa takie po sobie następujące tony, z których wyższy ma o jedno drgnienie więcej niż niższy; ta zdolność jednakże w odczuwaniu różnic tonów, jest w wysokim stopniu zależna od wprawy i najwybitniej występuje w odróżnianiu tonów między 400 a 528 drganiami na sekundę.

Jeżeli współcześnie wywołujemy cały szereg tonów muzycznych, to wrażenie przez nas odbierane posiada szczególną cechę, która sprawia, że w jednym przypadku tony te są przyjemne, w drugim przykre:

pierwszy rodzaj nazywamy dźwiękami harmonijnymi, w drugim połączenie tonów dysharmonią. Jeżeli zwrócimy uwagę na stosunek fal tonów harmonijnych, to widzimy, że jest on możliwie prosty, jak na przykład: 1:2, 2:3, 3:4 i t. d., z tych najbardziej harmonijny jest 1:2, następnie 2:3; w miarę jak ten stosunek staje się coraz mniejszy, cecha harmonijności również się zmniejsza. Stosunek liczby drgań dwóch tonów nazywamy interwałem; jeżeli na przykład jeden ton ma 200, drugi 300 drgań na sekundę, to $200:300 = 2:3$ nazywamy interwałem. Interwały, których liczbowy stosunek jest najprostsz, są zarazem dla ucha najprzyjemniejszymi; spotykamy je w przyrodzie, w śpiewie ptaków i ludzi. Najprostsz interwał 1:2 nazywamy oktawą; stosunek ten oznacza, że ton wyższ posiada dwa razy tyle drgań, co niższ, przyczem liczba zasadnicza drgań jednego tonu nie ma żadnego wpływu na harmonijność, byle tylko drugi posiadał dwa razy tyle drgań; tak dobrze harmonijne są tony 20:40, jak 200:400, 600:1200, 2000:4000 i t. p. Pomiedzy takie dwa tony umieścili muzycy jeszcze sześć innych, które razem z tonem niższym nazwano również oktawą; tony te noszą osobne nazwy: i tak: pierwszy ton oktawy nazwano *do*, drugi *re*, trzeci *mi*, czwarty *fa*, piąty *sol*, szósty *la*, siódmy *si*, ósmy (oktawa) znowu *do*. Stosunek drgań tych tonów do drgań pierwszego *do*, jest następujący:

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{5}{4}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{5}{3}$	$\frac{15}{8}$	2

stosunek zaś wzajemny pojedynczych tonów do siebie jest następujący:

do	re	mi	fa	sol	la	si	do
	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{15}{16}$

Wszystkie te tony razem stanowią jedną oktawę, a szereg takich oktaw po sobie następujących — gamę. Za podstawę oktawy i gamy można oczywiście przyjąć każdy ton, i jeżeli wszystkie inne tony będą odpowiadały podobnym wyżej stosunkom, otrzymamy szereg tonów zupełnie harmonijnych. Największa liczba oktaw w gamie muzycznej dochodzi do 7 lub $7\frac{1}{2}$. Jako naturalną gamę możemy uważać tę, w której najniższym tonem będzie pierwszy ze słyszalnych tonów; za taki przyjmujemy ton o 33 drganiach, nazwany *do*; od tego tonu począwszy,

możemy utworzyć siedem oktaw i ton *do* w siódmej oktawie będzie posiadał 2112 drgań, a ostatnie *do* 4224 drgań. Przytoczone wyżej interwały wykazują, że nie są one w gamie muzycznej równe, mianowicie: *do—re*, *fa—sol*, *la—si* wynoszą $\frac{8}{9}$, *re—mi*, *sol—la* $\frac{9}{10}$. Otóż pierwsze noszą nazwę tonów majorowych, drugie tonów minorowych, interwał zaś $\frac{15}{16}$ między *mi—fa* i *si—do* nazywa się półtonem tonu majorowego. Ton minorowy różni się od tonu majorowego o ułamek $\frac{80}{81}$. W gamie majorowej tony postępują w sposób następujący: ton major, ton minor, półton major, ton major, ton minor, ton major, półton major. Tony te oznaczamy także literami *c, d, e, f, g, a, h, c*. Interwał pomiędzy dwoma po sobie następującymi tonami nazywamy sekundą, pomiędzy każdym pierwszym a trzecim tercją, pomiędzy I a IV — kwartą, I a V — kwintą, I a VI — sextą, I a VII — septimą. Prócz gamy powyższej majorowej współcześnie używamy także gamy minorowej, składającej się również z siedmiu tonów, lecz stosunek drgań po sobie następujących tonów będzie tu nieco odmienny, a mianowicie tony są następujące: *c, d, be, f, g, ba, h, c*. Znaczek *b* (bemol) umieszczony przed nazwą tonu lub nutą wskazuje, że ton ten musi być o pół niższy, niż nazwa wskazuje. Stosunek drgań między tonami gamy minorowej jest następujący:

<i>c</i>	<i>d</i>	<i>be</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>ba</i>	<i>bh</i>	<i>c</i>
1	$\frac{9}{8}$	$\frac{6}{5}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{8}{5}$	$\frac{9}{5}$	2

a interwały pomiędzy niższym i wyższym następujące:

<i>c</i>	<i>d</i>	<i>be</i>	<i>f</i>	<i>g</i>	<i>ba</i>	<i>bh</i>	<i>c</i>
$\frac{8}{9}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{15}{16}$	$\frac{8}{9}$	$\frac{9}{10}$	

Oczywiście, że w ten sposób ilość gam możemy doprowadzić do nieskończoności, a przynajmniej mieć ich tak znaczną liczbę, że w praktyce przy użyciu instrumentów muzycznych przedstawiałoby to wielkie utrudnienie. Celem uniknięcia tego skorzystano z właściwości naszego ucha, które małych różnic w tonach nie odczuwa lub tylko bardzo słabo i w tym celu podzielono oktawę na 12 równych odstępów i utworzono tak zwaną gamę chromatyczną, t. j. posiadającą 12 półtonów; gama ta zowie się również gamą zmodyfikowaną lub zmoderowaną. W gamie tej kwinta i tercja różnią się nieco od kwinty i tercyi gamy naturalnej, jednak różnica w kwincie jest tak nieznaczna, że jej prawie nie odczuwamy, podczas gdy różnica w tercyi jest nieco większa. Gama zmody-

fikowana była niezbędna dla instrumentów o stałych tonach, jak fortepian i t. p.; na instrumentach smyczkowych i dętych można się posługiwać oboma rodzajami gam.

Barwa dźwięku. Barwą tonów nazywamy tę cechę charakterystyczną tonu, na podstawie której możemy odróżniać tony rozmaitych instrumentów, jakkolwiek co do wysokości i siły tony te są jednakowe. Pochodzi to stąd, że tony rozmaitych instrumentów, a także głosu ludzkiego, nie przedstawiają prostych wahań wahadłowych, lecz posiadają bardzo rozmaity kształt fali. Ta różnorodność kształtu fali zależy od tak zwanych tonów harmonijnych (obertonów). Jeżeli weźmiemy strunę, wydającą ton, to możemy zapomocą bardzo prostych sposobów wykazać, że ona nasamprzód dąga jako całość i drgania te dają ton zasadniczy główny, lecz obok tego tonu wydaje cały szereg innych tonów, które powstają wskutek tego, że niezależnie od drgań całej struny powstają drgania każdej połowy, każdej trzeciej, czwartej części struny i t. d., wskutek czego powstają odrębne tony 2, 3, 4 razy wyższe od zasadniczego; już obecność samego tylko tonu oktawy wywoła modyfikację fali, którą przedstawia rycina 199 C'. W innych drgających ciałach lub instrumentach szereg ten może być nieco inny, a przynajmniej tylko niektóre z tych tonów mogą być silniejsze tak, że razem z zasadniczym tonem dochodzą do naszego ucha. Oczywiście z tego szeregu widzimy, że pierwszy ton wyższy jest oktawą zasadniczego, drugi duodecymą, trzeci drugą oktawą i t. p. Jeżeli na przykład zasadniczym tonem jest c , to szereg jego tonów harmonijnych stanowią c, g, e, g, b, c, e i t. d. Że te wyższe tony rzeczywiście istnieją, można obiektywnie wykazać zapomocą metody Helmholtza, zastosowując kilka rezonatorów, nastrojonych na pewne określone tony; jeżeli na przykład weźmiemy podczas dźwięczenia struny c rezonator, nastrojony na e , to ten słaby ton struny, słuchany przez rezonator, zostaje znacznie wzmocniony i występuje wyraźnie. W ten sposób zapomocą dokładnie dobranych rezonatorów można wykazać wszystkie tony harmonijne, wchodzące w skład tonu każdego instrumentu. Otóż ilość i natężenie tych wyższych tonów, towarzyszących tonowi zasadniczemu, nadaje mu specjalny charakter i jest przyczyną tej różnicy, którą się odznaczają tony, pochodzące z rozmaitych źródeł. Fale takich złożonych tonów można przedstawić graficznie, a w niektórych razach wprost obserwować bezpośrednio. Jeżeli weźmiemy zasadniczy ton na przykład c (ryc. 199 A), to pierwszy wyższy ton, t. j. oktawa zasadniczego, będzie przedstawiał fale B; fale pierwszego i drugiego wskutek interferencji będą się składały i w rezultacie

otrzymamy krzywą, oznaczoną literą *C*. Gdybyśmy fale *B* nieco przesunęli, to fale *C* miałyby inny charakter, np. taki jak fale *D*. Gdybyśmy obok fal dwóch oktaw postawili fale duodecymy, lub wyższych od tonu zasadniczego, jakkolwiek ton zasadniczy w rozmaitych instrumentach może być ten sam.

Jeżeli teraz przypomnimy sobie, że badanie budowy narządu Cortiego doprowadziło nas do wniosku, że w nim znajduje się mechanizm, który możemy uważać za szereg rezonatorów dla najrozmaitszych tonów, to oczywiście, skoro wahania głosowe dochodzą do naszego ucha, wahanom cieczy ucha wewnętrznego odpowiadać muszą współruchy wszystkich tych elementów, które na dane tony są nastrojone i w ten sposób w uchu naszym musimy przyjąć mechanizm, który posiada zdolność rozkładania wszystkich dźwięków na tony proste rozkładania wahań nie mających charakteru wahadłowego na wahania rzeczywiście wahadłowe. Możliwość takiego rozkładania wykazał jeszcze Fourier, a Helmholtz starał się doświadczalnie udowodnić, że w uchu wewnętrznym w rzeczywistości rozkład taki każdego tonu złożonego na ton zasadniczy i tony harmonijne ma miejsce. Helmholtz zapomocą całego systemu kamertonów i przystosowanych do nich rezonatorów wywoływał zupełnie czyste tony zasadnicze o drganiach wahadłowych i następnie te zasadnicze tony kombinował w tych stosunkach, w jakich one w rozmaitych instrumentach lub w głosie ludzkim ze sobą są skombinowane. Zapomocą takiego urządzenia udało się Helmholtzowi wywoływać dźwięki zupełnie odpowiadające naprzykład samogłosce *u* lub *o* i innym. Tak, naprzykład bardzo wyraźne *u* można otrzymać zapomocą kombinacji, w której zasadniczy ton przypuszczony *b* brzmi silnie, pierwszy zaś wyższy ton harmonijny słabo; dźwięk *o* powstaje wtedy, jeżeli odwrotnie zasadniczy ton *b* brzmi słabo, *b* zaś silnie. Prawdziwość swego przypuszczenia upatruje Helmholtz jeszcze w tem, że przesuwając tony wyższe, wchodzące w skład pewnego skombinowanego tonu o jakąś część tylko fali, nie otrzymujemy zmiany w barwie tonu; gdyby ton złożony był przez ucho nasze odczuwany, jako taki, zmiana taka z konieczności musiałaby nastąpić, ponieważ charakter krzywej fali takiego tonu byłby odmienny. Jakkolwiek z twierdzeniem tem nie zgadza się König na podstawie swoich doświadczeń, to jednakże wobec tego, że doświadczenia Königa były przeprowadzone zapomocą syreny, zachodzą pewne wątpliwości, czy w tych doświadczeniach autor miał do czynienia z czystymi tonami wahadłowymi, czy też ze skombinowanymi, które w rzeczywistości mogły zmienić nie tylko charakter samej krzywej fali, ale także ilość tonów

prostych, wchodzących w skład tonu złożonego. Na podstawie przytoczonej wyżej teorii Helmholtza wypada przyjąć, że każdy złożony ton, jakkolwiek w uchu wewnętrznym zostaje rozłożony na swoje składowe, to jednakże wywołane przez nie wrażenie dźwiękowe ponownie już w ośrodkach nerwowych ulega syntezie, wskutek czego otrzymujemy wrażenie pojedyncze, które w świadomości naszej odbija się jako ton pojedynczy.

Harmonia i rozdźwięk. Dzięki wspomnianym właściwościom ośrodków mózgowych wytwarzania jednego wrażenia słuchowego z tonów złożonych, także w tych przypadkach, w których naraz ucho nasze odbiera dwa odrębne tony muzyczne, wrażenie słuchowe w mózgu naszym staje się pojedynczem. Jednakże od natury tych dźwięków zależy, czy to pojedyncze wrażenie jest przyjemne, czy przykre dla naszego poczucia muzycznego. Dźwięki, wywołujące wrażenia przyjemne, nazywamy również harmonijnymi, w przeciwnym razie dysharmonijnymi, a samo zjawisko rozdźwiękiem. Zależy to od interwału tonów, które razem słyszymy. Zapomocą bardzo prostej konstrukcyi, wprost rysując fale dźwięków wahadłowych, możemy się przekonać, że, zależnie od interwału, fale dwóch tonów, jednocześnie wzbudzonych, mogą się albo sumować, jeżeli w okresach swoich drgań są sobie odpowiednie, albo odejmować, jeżeli okresy ich są przeciwne, i w tym razie nawzajem się osłabiać. Jeżeli dźwięki różnią się między sobą wysokością tonów, t. j. zostają wywołane niejednakową liczbą drgań, to oczywiście takie nasilenie i osłabienie tonu powtarzać się będzie w pewnych odstępach czasu i to zmienne natężenie wahań zowiemy dudnieniem. To nieprzyjemne wrażenie, które towarzyszy rozdźwiękowi, zależy wyłącznie od częstości dudnień, ilość zaś dudnień dla dwóch tonów o rozmaitych wysokościach odpowiada dokładnie, jak to zauważyć można zapomocą prostego wykreślenia, różnicy w wysokości tonów. Wskutek tego najwolniejsze dudnienie otrzymujemy wtedy, gdy oba tony są niskie i różnią się tylko o 1—3 drgań na sekundę: jeżeli weźmiemy na przykład jeden ton o 60, a drugi o 61 drganiach na sekundę, to otrzymamy tylko jedno nasilenie tonu w ciągu 1". W miarę, jak tony stają się wyższe, a różnica w liczbie ich drgań się zwiększa, wzrasta także częstość dudnień, a wraz z nimi ich nieprzyjemny rozdźwięk; największy rozdźwięk otrzymujemy, jeżeli ilość dudnień na sekundę wynosi około 33, na przykład w średnich tonach przy h , i c'' , (495—528 drgań); dlatego też w średnich tonach skali muzycznej rozdźwięk jest największy pomiędzy dwoma zbliżonymi tonami. Jeżeli różnica w liczbie drgań staje

się jeszcze większą, to dudnienia stają się częstemi, a w takim razie przykre wrażenie rozdźwięku stopniowo się zmniejsza i przy wielkiej ilości dudnień prawie znika.

Rozdźwięk powstaje nie tylko wskutek różnicy wysokości tonów zasadniczych, ale może być wywołany także tonami, które nazwaliśmy wyżej tonami harmonijnymi, a nawet różnicą pomiędzy jednym tonem zasadniczym a tonami wyższymi drugiego tonu. Tak na przykład rozdźwięk w interwale sekundy przypuśćmy między c i d , albo pół sekundy, t. j. c i c_{is} , następuje nie tylko wskutek dudnień tonów zasadniczych, lecz także wskutek dudnień najbliższych tonów harmonijnych wyższych, tak samo między h i c , ponieważ w tym przypadku c , t. j. oktawa c daje najsilniejsze dudnienie z tonem h . Jeżeli uwzględnimy te wyższe tony, to łatwo możemy widzieć, że największą harmonią otrzymujemy wśród tych wyższych tonów, przy oktawach np.:

zasadniczy ton	tony wyższe						
c	c_1	g_1	c_{11}	e_{11}	g_{11}	b_{11}	c_{111}
	c_1	c_{11}			g_{111}		c_{1111}

jeszcze bardzo dokładną przy duodecymach:

c	c_1	g_1	c_{11}	e_{11}	g_{11}	b_{11}	c_{111}	d_{111}
		g_1			g_{11}			d_{1111}

już o wiele mniejszą przy kwintach:

	c_1	g_1	c_{11}	e_{11}	g_{11}
g	g_1			d_{11}	g_{11}

a już żadnej prawie harmonii dla kwarty.

Dlaczego dudnienie przy znacznej liczbie drgań traci swój przykry charakter, dotychczas nie wyjaśniono; według niektórych autorów ma ono wywoływać wrażenie tonu, który staje się harmonijnym względem tonu zasadniczego.

Tony skombinowane. Prócz harmonii i rozdźwięku dwa tony różne wywołują jeszcze wrażenie tonów tak zwanych różnicowych i sumowych, t. j. tonom tym towarzyszą jeszcze dwa tony, z których jeden co do liczby drgań odpowiada różnicy, drugi sumie. Co do tonów różnicowych, niektórzy autorowie uważają je za tony wywołane przez dudnienie, lecz Helmholtz zapomocą rachunku wykazał, że tony te są natury przedmiotowej i powstają wskutek tego, że najprostsze nawet drgania dźwiękowe nie odbywają się ściśle podług praw ruchu wahadłowego

i że tem więcej od tego prawa się uchylają, im silniejsze są wahania, zależą więc one od natury samych drgań dźwiękowych w tem środowisku, w którym się dźwięki rozchodzą.

Szmer y. Oprócz dźwięków muzycznych złożonych z tonów, przedstawiających wahania okresowe, istnieje jeszcze w naturze cały szereg dźwięków złożonych, w których żadnej prawidłowości co do tonów, wchodzących w ich skład, wykazać nie można. Dźwięki te wywołują wrażenia bardzo rozmaite i bywają rozmaicie określane, jak na przykład plusk wody, szelest liści, tarcie o siebie ciał stałych, szmer, trzask i t. p. Wrażenia, które dźwięki te wywołują, różnią się zasadniczo od tonów muzycznych i dlatego przyjmujemy, że one powstają nie w narządzie słuchowym ślimaka, lecz w narządzie przedsionka, w tak zwanych *maculae acustice*. Włoski, które widzieliśmy na komórkach tego narządu, prawdopodobnie nie są nastrojone na jakieś określone tony, lecz mogą być wprawione w ruch zapomocą wszelkich fal cieczy, które w tym narządzie zostają wywołane, i w ten sposób wywołują te nieokreślone wrażenia, które nazywamy szmerami. W wielu z przytoczonych szmerów, można zapomocą odpowiednich rezultatów wykazać także udział pewnych tonów, tak, że jest rzeczą zupełnie możliwą, iż każdy szmer wywołuje także i stan czynny w pewnych częściach narządu ślimaka i że w ten sposób powstają wrażenia złożone ze stanów czynnych narządu nerwowego ślimaka i *maculae acusticae*. Dzięki tym tonom, które towarzyszą szmerom chociażby w małej ilości, możemy odróżnić ich wysokość i kombinować je z tonami muzycznymi.

Siła wrażeń głosowych zależy przedewszystkiem od siły głosu, a ta ostatnia od energii każdego drgnienia, czyli jest wprost proporcjonalna do kwadratu amplitudy wahan. W jaki sposób jednakże przyrasta natężenie wrażeń głosowych z wzrostem siły głosu, dotychczas nie zbadano; podług niektórych autorów natężenie to ma odpowiadać iloczynowi z prędkości końcowej i masy ciała spadającego, jeżeli mamy na uwadze dźwięki wywołane uderzeniem ciała spadającego o jakąś twardą podstawę.

Wrażliwość ucha naszego na głos jest bardzo znaczna: podług Boltzmana i Toeplera wahania powietrza wynoszące 0,00004 mm. już są wystarczające, aby je ucho nasze odczuło.

Dźwięki podmiotowe. Budowa ucha wewnętrznego i nadzwyczajna wrażliwość narządu nerwowego, już z góry pozwalają przypuszczać, że oprócz dźwięków przedmiotowych, t. j. pochodzących ze świata zewnętrznego, w narządzie tym mogą powstawać stany czynne, wywo-

łane przyczynami wewnętrznymi. Zauważyliśmy wyżej, że swoista cecha nerwów w uchu podług Helmholtza występuje najwybitniej, gdyż każde włókno nerwowe połączone z narządem centralnym, przechodząc w stan czynny, daje nam wrażenie osobnego tonu. Oczywiście więc, każda przyczyna, która wywołuje wstrząśnienie błony bębenkowej, kosteczek słuchowych, lub jakieś nagłe zmiany w ciśnieniu w samym narządzie słuchowym ślimaka lub przedsionka, może być zarazem przyczyną zadrażnienia nerwów i może wywoływać pewne wrażenia słuchowe. Na pierwszym planie tu wypada uwzględnić rozmaite zmiany chorobowe, bądź w samych zakończeniach nerwowych, bądź w ośrodkach tych nerwów, jak na przykład zadrażnienie patologiczne, wywołane wskutek zapalenia lub chorób infekcyjnych, następnie zmiany w krążeniu krwi, jak to bywa u osób starszych, gdzie, wskutek zwapnienia naczyń, tarcie przepływającej krwi wywołuje ciągłe, nieustające prawie szmer i dźwięki; następnie u niektórych osób skurcz mięśni znajdujących się w jamie bębenkowej, wskutek pewnych nieprawidłowości, może za każdym razem wywołać odpowiedni szmer, jak to często bywa podczas skurczu *musculi tensoris tympani*. Również bezpośrednie zadrażnienie pni nerwowych wskutek ucisku lub innych przyczyn może dawać powód do powstawania wrażeń słuchowych, łatwo bowiem możemy się przekonać, że drażnienie na przykład prądem elektrycznym, nawet samo przechodzenie prądu galwanicznego przez czaszkę w okolicy ucha, może wywołać rozmaite tony i subiektywne wrażenia słuchowe. Dlatego też wśród absolutnej ciszy nie mamy, podobnie jak i w naszym oku, absolutnego spokoju; u niektórych osób nawet, cisza zawsze wywołuje subiektywne dźwięki, często bardzo przykre, przypominające nieco dzwonięcie w uszach, które niekiedy powstaje samoistnie. Dźwięki te, podobnie jak i dzwonięcie, są wogóle bardzo przykre i w nich wypada szukać przyczyny szczególnego stanu psychicznego, jaki w tych warunkach u niektórych osób powstaje, a mianowicie obawy przed ciszą, gdyż być może, iż wskutek asocjacji, dźwięki te wywołują rozmaite przykre wyobrażenia. Dźwięki słyszane w zupełnej ciszy prawdopodobnie zależą od ruchu krwi w narządzie końcowym słuchu, a brak ich wśród warunków zwykłych bardzo łatwo można wytłumaczyć z jednej strony tem, że ucho nasze odbiera ciągle całą masę silniejszych dźwięków i szmerów, które przysłaniają owe słabe dźwięki podmiotowe, z drugiej strony, nadzwyczajną nadczułością narządu słuchowego, która powstaje wskutek skupienia uwagi na to, czy jakichś dźwięków lub szmerów nie słyszymy. Dzwonięcie w uszach samoistne, które powstaje w warunkach zwykłych,

dotychczas nie jest wytłomaczone, być może jednakże, że i ono zależy od zwiększonej wrażliwości narządu końcowego, która wśród pewnych warunków powstaje; dlatego też jest ono częstem bardzo zjawiskiem w katarach nosa i trąbki Eustachiusza.

c) Powonienie.

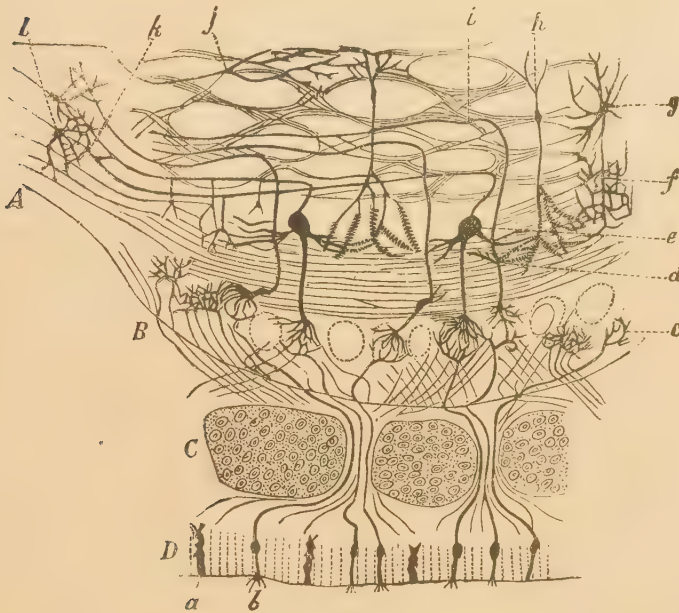
Budowa narządu węchowego.

Obwodowym narządem powonienia jest górna część jamy nosowej tak zwana okolica węchowa (*regio olfactoria*). Zajmuje ona głównie muszlę i część naprzeciwległą przegrody nosowej, jednakże błonę śluzową tej samej budowy spotykamy w postaci małych wysepek, bądź zupełnie odosobnionych, bądź też zapomocą małych mostków z główną okolicą połączonych, także w innych okolicach jamy nosowej. Okolica węchowa jest nabłonkiem dwuwarstwowym, który wskutek układu swoich jąder, robi wrażenie wielowarstwowego. Wśród komórek nabłonka odróżniamy dwie kategorie: jedne tak zwane komórki węchowate, które podług najnowszych badań wypadają uważać za komórki nerwowe: są to twory wrzecionowate, posiadające duże kuliste jądro z jąderkiem, zajmujące najgrubszą część komórki. Jądra te w rozmaitych komórkach leżą rozmaicie wysoko, jednakże zajmują zwykle środkową część całej masy komórki. Ku powierzchni błony śluzowej komórki te kończą się zgrubieniami, zaopatrzonemi pewną ilością włóków, zwanych węchowymi. Część komórki zwrócona ku podstawie przechodzi stopniowo we włókno nerwowe; jest to więc dwubiegunowa komórka nerwowa: zewnętrzna część zakończona włoskami jest jakby nerwem dośrodkowym, wewnętrzna zwykłym neurylem, który przez nerw węchowy dochodzi do opuszki węchowej (*bulbus olfactorius*). Komórki drugiej kategorii są zwykłemi komórkami nabłonkowemi, nazywają je podstawowemi albo podtrzymującemi. Jądra tych komórek leżą mniej więcej na jednej wysokości, a zewnętrzna powierzchnia komórki posiada brzeżek (*Cuticularsaum*) podobny do tego, jaki spotykamy w komórkach błony śluzowej jelit. Pomiedzy temi komórkami znajdujemy jeszcze warstwę komórek, które tylko częściowo pomiędzy nie wchodzi, główna zaś ich część dolna, rozszerzona i zawierająca jądro, przylega do błony podstawowej.

Z błoną śluzową, jak zauważyliśmy wyżej, zostaje w ścisłym związku opuszka węchowa (*bulbus olfactorius*), którą wypadają uważać

właściwie za część mózgu. Do opuszki dochodzą wypustki owych komórek nerwowych, które się znajdują w błonie śluzowej okolicy węchowej. Pod względem swojej budowy opuszka (patrz rycinę 200), składa się z następujących warstw: Pierwszą warstwę stanowią włókna nerwowe obwodowe, t. j. wypustki komórek węchowych (rycina 200 *D, a, b*),

Rycina 200.



Schemat narządu powonienia u ssaków.

A lobus olfactorius. B bulbus olfactorius. C chrząstka kości siatkowej u zarodka. *D* błona śluzowa nosa. *a* komórki podtrzymujące. *b* komórki węchowe. *c* rozkrzewienie wypustek komórek węchowych w kłębuszkach węchowych. *d* komórki dodatkowe. *e* komórki piramidalne. *h* ziarenka. *g* duże komórki gwiazdkowate, których wypustki *f* kończą się krzewiasto w warstwie molekularnej. *i* krzewiaste rozgałęzienia włókien, pochodzących z komórek centralnych.

drugą tak zwane kłębuszki węchowe (*glomeruli olfactorii*) *c*; są to kuliste twory, dość wyraźnie odgraniczone, w których obecnie zapomocą metody Golgiego wykazano drzewkowate zakończenia z jednej strony włókien nerwowych, idących od komórek węchowych, z drugiej takie same zakończenia komórek, leżących w samej opuszce lub w głębszych

warstwach mózgu. Są to więc twory krzewiaste, tak zwane telodendrya, t. j. połączenia neurytów komórek węchowych z dendrytami komórek wyższych warstw opuszki węchowej. (Na razie jeszcze nie uwzględniam nowszych teoryj Apothego i Bethego, którzy przyjmują ciągłość włókienek nerwowych). Trzecią warstwę stanowi tak zwana warstwa molekularna *A*, która zawiera drobne wrzecionowate komóreczki, kończące się zapomocą krótkich rozgałęzień w wymienionych wyżej kłębuszkach. Czwartą warstwę stanowią komórki piramidalne (mitralne), a w końcu mamy piątą — warstwę jądrzasto-włóknistą, zawierającą komórki drobne i znaczną ilość włókien nerwowych. Jedne z wypustek komórek mitralnych kończą się także w kłębuszkach, drugie przechodzą do warstwy następnej w postaci włókien nerwowych i dążą do warstwy korowej mózgu.

Obecność komórek nerwowych, charakterystyczna budowa błony śluzowej okolicy węchowej, wreszcie brak zmysłu powonienia w przypadkach zaniku tej części błony śluzowej, świadczą niewątpliwie o tem, że miejsce to jest właściwym narządem obwodowym zmysłu powonienia i że jedynym nerwem, który pośredniczy w czynności tego zmysłu, jest nerw węchowy.

Czucia węchowe.

W jaki sposób odbywa się podrażnienie zakończeń nerwu węchowego w okolicy węchowej, dotychczas nie zdołano dostatecznie wyjaśnić; wiadomo tylko, że ciała, względnie cząsteczki ciał, które wrażenia węchowe wywołują, muszą się zetknąć bezpośrednio z błoną węchową, a więc muszą to być ciała w większym lub mniejszym stopniu lotne, których cząsteczki mogłyby się rozpuszczać w powietrzu. Z drugiej strony wiadomo, że sama błona węchowa, przynajmniej u człowieka i prawdopodobnie u wyższych zwierząt, musi przedstawiać pewne warunki: nie może ona być ani zanadto sucha, ani zanadto wilgotna, ponieważ w obu tych przypadkach powonienie słabnie, jak na przykład w drugim przypadku podczas kataru nosa.

Na czem polega działanie ciał, wydających woń, jak wspomnieliśmy wyżej, dotychczas dokładnie nie wyjaśniono, istnieją jednak dwie hipotezy. Według pierwszej — cząsteczki ciał wonięjących mają działać wprost chemicznie na owe włoski komórek nerwowych, według drugiej — działane to jest mechanicznie. Za działaniem chemicznem przemawiają

najświeższe doświadczenia Aronsohna; dotychczas istniało przekonanie, że ciała woniejące rozpuszczone w wodzie i wprowadzone w takim stanie na błonę węchową, zwykle wrażeń węchowych nie wywołują, jak tylko w pierwszej chwili zetknięcia, a następnie przez cały czas stykania się z tą błoną pozostają bez żadnego wpływu. Te stare doświadczenia Webera były powtórzone następnie przez Aronsohna, który przypuszcza, że brak wrażeń w tym przypadku może polegać wyłącznie na szkodliwym działaniu samej wody na błonę węchową. Mając na względzie tę okoliczność, używa on do rozpuszczenia ciał woniejących roztworu soli kuchennej i przytem stwierdza, że naprzykład woda kolońska w takim roztworze działa równie dobrze, jak rozpylona w powietrzu. Za tem przemawia także i ten fakt, że u ryb nerw węchowy i cała okolica węchowa są bardzo znacznie rozwinięte i jeżeli ryby otrzymują wrażenia węchowe, to oczywiście tylko za pośrednictwem wody, w której są rozpuszczone rozmaite ciała wydające woń.

Co do drugiej teorii, mechanicznej, to opiera się ona na tym fakcie, że wszystkie ciała woniejące rzeczywiście są mniej lub więcej lotne, naprzykład rozmaite wysoki, olejki eteryczne, dwusiarczek węgla, siarkowodor i t. p. Otóż przynajmniej ciała płynne i stałe, jak to wykazały doświadczenia Venturego, Prevosta i Liegeois, np.: kamfora, kwas bursztynowy, wyskok, eter, chloroform i t. p., przy zetknięciu się z wodą, chociażby w postaci najmniejszej kropelki, zawsze wywołują powstawanie wirów; rzucone na zwilżoną płytę szklaną nadzwyczaj szybko usuwają wodę ze swego otoczenia na pewnej przestrzeni, tak, że niekiedy w okolicy jednej kropelki wytwarza się powierzchnia jakby zupełnie sucha na przestrzeni kilku centymetrów. Prevost uważa nawet tę własność za środek rozpoznawania ciał woniejących od bezwonnych bez udziału nosa. Tak samo ciało woniejące, rzucone na powierzchnię wody w postaci proszku lub kropelek cieczy, wskutek wirów, które powstają, porusza się na powierzchni wody, niekiedy rozchodzi się po powierzchni i rozbija się na kropelki. Do takich ciał należą naprzykład wszelkie olejki, które szybko się rozpuszczają na powierzchni wody w postaci cienkiej warstewki, wkońcu dzielą się na drobnutkie kropelki, nieraz mniejsze, niż $\frac{1}{1000}$ mm. w średnicy. Otóż w tych właściwościach ciał woniejących upatruje teoria mechaniczna sposób działania na błonę węchową i przypuszcza, że w zetknięciu z wilgotnymi włoskami komórek węchowych, cząsteczki tych ciał zachowują się podobnie: w cieniutkiej warstewce wilgoci na powierzchni komórki wywołują wiry, a wskutek poruszenia włosków zadrażniają samą komórkę. Oczywiście, że to ostatnie

Łomaczenie nie stosuje się do pewnych cieczy wonnych zupełnie rozpuszczalnych w wodzie, jak również do zwierząt, które żyją w wodzie, a pomimo tego posiadają narząd powonienia w wysokim stopniu rozwinięty; teorią tą nie dadzą się wytłumaczyć i doświadczenia Aronsohna.

W warunkach zwykłych rozczywnikiem ciał wonnych jest powietrze. Cząsteczki ciał, wydających woń, dostają się do jamy nosowej, względnie na okolicę węchową, z prądem powietrza, które podczas oddechania przez nos, przez tę okolicę przepływa. Jeżeli więc zatrzymamy zupełnie oddychanie albo oddychamy wyłącznie przez jamę ustną, to wrażeń węchowych zupełnie nie odbieramy; natomiast chcąc dokładnie jakąś ciecz zbadać zapomocą powonienia, wykonywamy zwykle głęboki wdech, przyczem kierunek nozdrzy i kanału nosowego się zmienia, zależnie od jakości woni: chcąc otrzymać wrażenia węchowe od ciała przyjemnie pachnącego, zwykle rozciągamy nozdrza, a nos cały pochylamy ku dołowi tak, aby prąd powietrza wchodził do nosa w kierunku pionowym i dopiero stąd łukowato się zaginając, trafiał do przewodu przełykowo-nosowego; odwrotnie, jeżeli odbieramy wrażenia węchowe przykre, a wstrzymać oddechu nie możemy, to podnosimy cały nos ku górze, wskutek czego prąd powietrza wchodzi do jamy nosowej w kierunku poziomym i prostą drogą dostaje się do przełyku, tak, że w tym przypadku bardzo mała ilość powietrza dostaje się na błonę węchową.

Czucia węchowe możemy rozważać pod względem ich jakości i natężenia. Co do jakości, to wogóle każda substancja woniejąca posiada specyficzną, sobie właściwą woń, którą odróżniamy podług pewnych najczęściej spotykanych zapachów. Wobec prawa o specyficznym energii nerwowej, różnorodność wrażeń węchowych możnaby wytłumaczyć tylko przyjęciem osobnych zakończeń nerwowych dla każdego ciała woniejącego, lecz różnorodność tych ciał takie przypuszczenie czyni zupełnie nieprawdopodobnem. Pozostaje więc przyjąć, że jakościowe różnice wrażeń węchowych zależą od sposobów podrażnienia i pod tym względem mechaniczna teoria łatwiejby te różnice tłumaczyła, niż teoria chemiczna; w każdym razie kwestya ta jest do dziś dnia prawie zupełnie niewyjaśniona, jak również powstawanie czuć węchowych mieszanych. Pod tym względem wiadomo tylko, że jeżeli do każdego nozdrza wprowadzimy odrębne ciała wonne, to otrzymujemy naprzemian wrażenie to od jednego, to od drugiego z tych ciał, nigdy zaś nie otrzymujemy nowego osobnego pojedynczego wrażenia od obu ciał.

Wrażenia węchowe są wogóle bardzo krótkotrwałe i dlatego, ażeby

mieć je przez czas dłuższy, potrzeba, aby ciągle nowe cząsteczki dostały się na błonę węchową. Siła wrażeń zależy z jednej strony od ilości cząsteczek danej substancji wonnej, zawartych w powietrzu, z drugiej od powierzchni, na którą działa, t. j. od ilości zadrażnionych elementów. Wrażliwość błony śluzowej węchowej jest wogóle bardzo wielka, jakkolwiek u rozmaitych osobników przedstawia znaczne bardzo różnice; w każdym razie ilość substancji wonnej, potrzebnej do wywołania pewnego wrażenia węchowego, jest prawie nieskończenie mała. Tak podług Valentina do wywołania wrażenia zapachu piżma wystarcza 1 dwumilionowa część miligrama, wodorotlenku fosforowego $\frac{1}{50}$ mgr., bromu $\frac{1}{500}$ mgr., siarkowodoru $\frac{1}{5000}$, olejków eterycznych $\frac{1}{10000}$ — $\frac{1}{170000}$ mgr. W pewnych stanach patologicznych wrażliwość błony śluzowej może być bardzo podniesiona, jak również u niektórych zwierząt jest ona od natury znacznie wyższa, niż u człowieka. Wprawa i przyzwyczajenie grają tu także bardzo ważną rolę, a sądząc właśnie z obserwacji na zwierzętach, takich na przykład jak pies, gra tu również ważną rolę i rozwój samej błony śluzowej; wiadomo bowiem, że u psów, szczególnie u pewnych ras powierzchnia błony węchowej jest o wiele większa niż u człowieka.

Oprócz substancji rzeczywiście wonnych pod tę samą nazwę podciągamy także bardzo wiele takich ciał, które właściwie na błonę węchową nie działają, lecz skutek swoich właściwości działają na samą błonę śluzową nosa, spojówkę oka, i t. d., jak na przykład amoniak i inne gazy żrące, na przykład kwas octowy. Zadrażnienie nerwów dośrodkowych błony śluzowej nosa, skóry, spojówki nerwów przeważnie dotykowych wywołuje wrażenie, które tylko błędnie za wrażenie węchowe uważamy.

Podrażnienie tak okolicy węchowej, jakoteż i okolic przyległych czuciowych, może wywoływać cały szereg aktów odruchowych, jak zmiany w czynności serca, nudności, wymioty, łzawienie; przyjemne lub pewne specyficzne wonie działają odruchowo na narząd płciowy. We wszystkich tych odruchowych aktach pewną rolę odgrywają także wyobrażenia, które czuciom węchowym towarzyszą, tak, że zjawisk, wywołanych drogą wrażeń węchowych, za czysty odruch uważać nie można.

Znaczenie narządu węchowego u człowieka jest niewątpliwie o wiele mniejsze niż u zwierząt, u których gra on rolę bardzo ważną w wyborze pokarmów i odczuwaniu nieprzyjaciół swojego gatunku i t. p., lecz niewątpliwie ma także znaczenie i u człowieka, przynajmniej pod tym

względem, że jest pierwszym i jedynym narządem naszego organizmu, który nam wskazuje czystość powietrza, którem oddychamy; gdy bowiem żadnym odczynnikiem jeszcze nie można wykazać obecności pewnych ciał, jak na przykład gazów, wytwarzających się podczas gnicia, lub innych, które nawet w małej ilości mogą być szkodliwe, jak na przykład substancyi, wytwarzających się podczas oddychania w zamkniętej przestrzeni, zmysł powonienia obecność ich zdradza, a wywołując przykre uczucia, zmusza do unikania oddychania podobnem powietrzem.

d) Smak.

Budowa narządu smakowego.

Narządem, który pośredniczy w odbieraniu wrażeń smakowych, są właściwe zakończenia nerwowe w jamie ustnej. Podług wszelkiego prawdopodobieństwa rolę tę odgrywają zakończenia nerwu *glosso-pharyngei* w błonie śluzowej powierzchni języka, szczególnie u jego podstawy, na łukach przednich, w błonie śluzowej miękkiego podniebienia i na nagłośni. Zakończenia te leżą w szczególnej budowy tworach, zwanych kubkami smakowymi, które napotykamy w brodawkach pieńkowatych i grzybkowatych; pierwsze z nich tworzą literę V u podstawy języka ku przodowi od otworu ślepego (*foranem coecum*), drugie są rozrzucone po całej powierzchni nie tylko języka, ale także miękkiego podniebienia, łuków podniebienno-językowych i nagłośni. Kubki smakowe znajdują się w warstwie nabłonkowej brodawek i jeżeli mamy na względzie brodawki pieńkowate, które otoczone są naokoło rowkiem, to są one ułożone po obu stronach tego rowka w kierunku promieni brodawki. Zwykle na jednym przekroju pionowym brodawki znajdujemy 3 lub 4 kubki. Każdy kubek składa się z komórek nabłonkowych, które są ustawione w kształcie klepek beczki i noszą nazwę komórek okładkowych, albo zewnętrznych. Wobec tego ustawienia komórek, kubek smakowy ma rzeczywiście kształt beczki, naokoło której jest kilka warstw komórek zwykłego nabłonka, a wewnątrz znajduje się jama. W jamie leżą zwykle 2—3 komórki wrzecionowatego kształtu, których jedna wypustka przymocowana jest do dna wewnętrznego kubka, druga zaś sterczy wolno w postaci cienkiego włosa, ku otworowi zewnętrznemu. Włókna nerwowe, które w znacznej ilości są skierowane tak w błonie mięsnej, jak i śluzowej do tego miejsca, gdzie leżą kubki smakowe, wchodzą po kilka do

każdego kubka i tu się rozgałęziają pomiędzy owemi komórkami wrzecionowatemi, tworząc drobną siateczkę na ich powierzchni. Oprócz tego rodzaju zakończeń, znajdujemy pod językiem i na nim, szczególnie na górnej jego powierzchni zakończenia nerwowe, podobne do tych, jakie w innych miejscach błony śluzowej lub skóry widzimy, t. j. wolne rozgałęzienia nerwów, kończące się wśród warstwy nabłonka.

Czucia smakowe.

Czuć smakowych zasadniczych posiadamy dwa: smak gorzki i słodki. Wprawdzie niewątpliwie odrębny rodzaj czuć smakowych stanowią jeszcze smaki: kwaśny, słony, zasadowy lub metaliczny, jednak te ostatnie różnią się od dwóch pierwszych tem, że podczas kiedy nawet w największej koncentracji substancje, wywołujące smak gorzki lub słodki, nie wywołują żadnych innych czuć i nie przechodzą w żadne inne, ostatnie tylko w pewnej koncentracji wywołują czucia czysto smakowe kwaśne, słone lub alkaliczne, podczas gdy w znaczniejszej koncentracji, wywołują czucie pieczenia, ściągania, a w końcu bólu języka. Z tego powodu te trzy ostatnie rodzaje czuć możemy uważać za czucia złożone, powstające po 1-e wskutek wrażeń smakowych, które wywołuje dana substancja i po 2-e wskutek wrażeń, wywołanych w nerwach dotykowych, lub wogóle czuciowych, które, kojarząc się razem, wywołują czucie kwaśne, słone lub alkaliczne. Pomimo bardzo licznych badań nad tym narządem, dotychczas jednakże pozostaje jeszcze bardzo dużo kwestyj niewyjaśnionych. Pochodzi to najprawdopodobniej stąd, że same badania są nader trudne, metody zaś, dotychczas używane, niedokładne. Już samo to stanowi bardzo wielką trudność, że badania nad zmysłem smaku musimy ograniczyć prawie wyłącznie do człowieka, albowiem u zwierząt niepodobna oznaczyć, czy one ten lub inny smak odczuwają, a nawet wogóle nie wiemy, w jaki sposób te czucia podmiotowo u nich się objawiają; dlatego wszystkie te badania, które były przeprowadzone na zwierzętach, w celu wykrycia dróg, któremi smakowe wrażenia przebiegają, lub które nerwy grają w tym względzie główną rolę, w gruncie rzeczy nie mają żadnego znaczenia; nad nimi więc nie będziemy się zastanawiali. Jeżeli można polegać na dotychczasowych doświadczeniach u ludzi, to jedynym nerwem smakowym jest *n. glossopharyngeus*, który dochodzi do kubków smakowych u podstawy języka wprost, zaś do średniej i przedniej części języka rozmaitemi drogami ubocznymi. W tym

względnie na szczególną uwagę zasługują doświadczenia, które nad sobą samym z wszelką ścisłością przeprowadził dr. Karl. Miał on lewą przednią część języka zupełnie pozbawioną smaku, podczas gdy prawa strona pod tym względem była normalna. Wszystkie nerwy mózgowe były nieuszkodzone i nie stwierdzono żadnych zboczeń, ani w zakresie nerwu twarzowego, ani trójdzielnego. W dzieciństwie cierpiał dr. Karl na otorrheę, wskutek której lewa błona bębenkowa została zniszczona, a błona słuchowa jamy bębenkowej znacznie zmieniona, jednakże bez przerostu. Lewa *chorda tympani* pomimo tych zmian prawdopodobnie funkcjonowała prawidłowo, gdyż wydzielniczy jej wpływ nie uległ zmianie. Otóż tłumacząc ten przypadek dr. Karl przypuszcza, że nerw smakowy przedniej części języka odchodzi od nerwu językopółkowego przez *ganglion petrosus* i nerw bębenkowy, do *plexus tympanicus*, skąd przez nerw *petrosus superficialis minor*, dochodzi do *ganglion oticum* i do nerwu językowego, w znacznie zaś mniejszej części przez *ramus communicans* i *plexus tympanicus* do *ganglion geniculatum*, skąd trafia także do nerwu twarzowego i struny bębenkowej. Oczywiście więc wskutek sprawy zapalnej w ścianie kości skalistej, niektóre z tych gałęzi zostały uszkodzone, a w następstwie tego znikło poczucie smaku w przedniej części języka po lewej stronie.

Podobne próby robiono także na zwierzętach, jednakże, jak zauważyliśmy wyżej, z dokładnością nie można było oznaczyć wrażeń, jakie zwierzęta, po uszkodzeniu powyższej komunikacji w rozmaitych miejscach, odbierały.

Odrębność czuć smakowych polega prawdopodobnie, jak to przyjmujemy dla innych wrażeń, na specyficznej energii nerwów smakowych. Za tem przemawia przedewszystkiem ta okoliczność, że nie na całej powierzchni języka ta lub inna substancja wywołuje pewne czucie smakowe; tak na przykład, smak słodki czujemy, jeżeli odpowiednia substancja działa na koniuszek języka i brzegi górnej powierzchni; z tej samej okolicy odbieramy także czucia smaku kwaśnego. Natomiast ani ze środka, ani z końca powierzchni języka nie możemy otrzymać smaku gorzkiego: działaniem chininy, lub kwasu pikrynowego wywołujemy smak gorzki tylko wtedy, jeżeli odpowiednie substancje działają na podstawę języka. Za taką specjalizacją zakończeń przemawia także przypadek, obserwowany przezemnie i dra Becka u człowieka, któremu z powodu nowotworu wycięto cały język wraz z brodawkami pieńkowatemi. Do badania smaku używaliśmy chininy, soli, kwasu pikrynowego, winnego, sacharyny i t. p., i we wszystkich doświadczeniach stosowaliśmy te sub-

stancye albo zapomocą pędzelka, albo wprost posypując je na rozmaite miejsca błony śluzowej jamy ust w postaci proszku, albo wkońcu dotykając rozmaitych miejsc małą gąbką, nasiąkniętą roztworem pewnej substancyi. Otóż z badań tych wynikło, co zresztą doświadczeniami wielu innych autorów zostało stwierdzone, że wszystkie części jamy ustnej aż do łuków podniebiennych, są pozbawione nerwów smakowych; pozostała część podstawy języka również pod wpływem bezpośredniego działania substancyj smakowych, żadnego czucia smakowego nie dawała i tylko po bezpośrednim zadrażnieniu tylnej ściany przełyku (*pharynx*), chory niekiedy oznaczał smak dość trafnie; lub jeżeli po wprowadzeniu substancyi smakowej do jamy ust, chory zamykał usta i wykonywał kilka ruchów połykowych i smakował, jak to zwykł był czynić podczas jedzenia, to pomimo braku języka dość trafnie oznaczał smak słodki, kwaśny i gorzki, nazywając ten ostatni cierpkim. Jednakże podczas wszystkich doświadczeń ani razu nie mógł odróżnić soli, wcale więc nie odczuwał smaku słonego. Oczywiście, że te czucia, które były u naszego chorego, były wywołane przez podrażnienie, albo miękkiego podniebienia albo łuków podniebiennych, lub też błony śluzowej tylnej ściany połyku. Fakt, że chory ten nie miał smaku słonego, przemawia za tem, że rzeczywiście dla każdego rodzaju smaku istnieją osobne zakończenia nerwowe, których w tym przypadku dla smaku słonego nie było.

Mieszanie substancyj smakowych wpływa znacznie na charakter odczuwanego wrażenia; tak na przykład smak gorzki można do pewnego stopnia zatuszować substancjami słodkimi i odwrotnie, jednakże nowego wrażenia smakowego przez taką kombinację nie otrzymujemy, tylko natężenie wrażenia poprzedniego, pod wpływem drugiej substancyi słabnie. Przeciwnie, gdy działają dwie substancye, często uczuwamy oba smaki, którym odpowiednio nadajemy nazwy, na przykład gorzkawo-słodki, słodkavo-kwaśny i t. p. Substancye, wywołujące smak słodki, zmniejszają także i poczucie smaku kwaśnego i słonego, jakkolwiek nie w takim stopniu jak smaku gorzkiego. Mieszanina substancyi słodkiej i słonej, jeżeli działanie jest dość silne, wywołuje bardzo przykre wrażenie, które u niektórych osób może za sobą pociągnąć akt nudności.

Drażnienie bezpośrednie zakończeń nerwowych prądem elektrycznym, lub mechaniczne, wrażeń smakowych zwykle nie wywołuje. Jedynie pod wpływem prądu stałego, w okolicy bieguna dodatniego, otrzymujemy wrażenie smaku kwaśnego, w okolicy bieguna ujemnego — smaku alkalicznego. Tych wrażeń jednakże nie możemy uważać za skutek bezpo-

średniego podrażnienia nerwów smakowych, lecz prawdopodobnie są one następstwem elektrolitycznego działania prądu na ślinę i płyn surowiczy wśród samych komórek, wskutek którego, jak wiadomo, kwasy gromadzą się na biegunie dodatnim, a zasady na biegunie ujemnym, co też pociąga za sobą wspomniane wrażenia smakowe.

W warunkach zwykłych czucie, które nazywamy smakiem pewnych substancyj, jak na przykład wielu pokarmów, nie zależy wyłącznie od wrażeń smakowych, lecz także od całego szeregu innych wrażeń, które współcześnie odbieramy, a mianowicie od wrażeń węchowych i dotykowych, termicznych i mechanicznych. Istnieje cały szereg substancyj, których smak wyłącznie zależy od tych wrażeń drugorzędnych, a które same przez się żadnego właściwego smaku nie posiadają. Dlatego też bardzo często podczas kataru nosa, zwykłe potrawy, które posiadają przyjemny smak, wydają się nam zupełnie pozbawionymi smaku. Czucie dotykowe, które występuje jako składowa część tych *quasi* smakowych czuć, odbieramy w części zapomocą nerwów, rozgałęzionych w wargach. głównie jednakże zapomocą nerwów czuciowych języka, wskutek ruchu tego organu. O znaczeniu powonienia w odbieraniu wrażeń smakowych od wielu substancji, bardzo łatwo można się przekonać, jeżeli podczas smakowania nos zatkamy woskiem lub wypełnimy cieczą.

Czucia smakowe i węchowe tem się różnią od czuć słuchowych i wzrokowych, że one wogóle prawie nie dają odpowiednich wyobrażeń: jeżeli na przykład bardzo łatwo możemy sobie uprzytomnić lub powtórzyć jakąś melodię, lub wyobrazić jakieś zjawisko, które kiedyś obserwowaliśmy, to analogicznie nie możemy sobie wyobrazić pewnego smaku lub woni. Jednakże we śnie i warunkach patologicznych wrażenia te mogą dawać podstawę do wytwarzania się marzeń sennych, w pierwszym, halucynacji smakowych i węchowych, w drugim przypadku.

e) Czucie ogólne.

Uwagi ogólne i klasyfikacja.

Prócz czterech zmysłów, któreśmy dotąd opisali, a dla których elementa nerwowe obwodowe są ściśle zlokalizowane w pewnych odpowiednio zbudowanych narządach, odbieramy jeszcze za pośrednictwem piątego zmysłu cały szereg czuć, dla których obwodowe zakończenia nerwowe są rozrzucone w całym naszym ustroju. Przeważna ilość tych

zakończeń mieści się w skórze, druga mniej znaczna, w błonach śluzowych, trzecia w ścięgnach i mięśniach i wkońcu czwarta w niektórych narządach wewnętrznych, jak na przykład w pęcherzu, woreczku żółciowym, żołądku i kiskach, otrzewnej i t. d. Czucia, które zapomocą tych nerwów otrzymujemy, różnią się pomiędzy sobą co do charakteru: podczas kiedy każde podrażnienie zakończenia włókna nerwowego w jednym z poprzednich narządów, wywołuje zawsze czucie to samo, w oku tylko świetlne, w uchu słuchowe, to te ostatnie nietylko z rozmaitych miejsc, lecz nawet z jednej i tej samej okolicy, mogą być różne. Ze względu na jakość tych czuć, możemy je podzielić na następujące kategorie: 1) czucie dotykowe, 2) czucie ucisku, 3) czucie umiejscowienia, 4) czucie temperatury, t. j. zimna lub ciepła, 5) czucie mięśniowe i wkońcu 6) czucie wewnętrzne.

Zakończenia nerwowe, które pośredniczą w odbieraniu tych czuć są również bardzo różnorodne, lecz specjalne przeznaczenie tych lub innych zakończeń, nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśnione. Główne zakończenia, jakie znajdujemy w skórze, mięśniach, błonach surowiczych i śluzowych, są następujące:

1) Ciała Pacciniego są to duże kolbkowate twory, do których dochodzi włókno osiowe i przebiwszy osłonkę zewnętrzną kończy się w środku w postaci nagich słupków nerwowych niekiedy na końcu rozgałęzionych. Naokoło takiego słupka nerwowego w ciałku Pacciniego istnieje kilka lub kilkanaście osłonek z tkanki łącznej i śródbłonna, pomiędzy którymi prawdopodobnie znajduje się ciecz surowicza. Ciało takie przedstawia się w żywym narządzie jako mała kulka, wielkości około $1\frac{1}{2}$ mm., przezroczysta perełka. Ciała te leżą przeważnie w tkance podskórnej, szczególnie na powierzchni dłoniowej palców, lecz spotykamy je także w ścięgnach, a u niektórych zwierząt nawet w błonach surowiczych, na przykład u kotów.

2) Ciała dotykowe Merckla i Grandryego znajdują się przeważnie w brodawkach skóry także w największej ilości u człowieka na palcach, u ptaków w dziobie, u niektórych zwierząt w ryju, na przykład u kreta, świni i t. p. Składają się one z wielu, lub dwóch komórek (ciała Grandryego), pomiędzy które wchodzi włókno nerwowe i rozgałęzia się w przegrodach rozdzielających te komórki.

3) Ciała dotykowe Meissnera umieszczone są również w brodawkach skóry, szczególnie na powierzchni dłoni i podeszwy palców. Są to twory podobne do ciałek Grandryego, tylko nieco więcej skomplikowane. Złożone są tylko z większej ilości komórek dotykowych

niż ciała Grandryego; między temi komórkami również kończą się ostatnie rozgałęzienia jednego lub dwu włókien nerwowych. Są to prawdopodobnie najczulsze narządy specjalnie dotykowe, o czym świadczy ich obecność właśnie w tych okolicach naszego i zwierzęcego ustroju, którymi się posługujemy przy zastosowaniu zmysłu dotyku. Tak na przykład na trzeciej falandze dłoniowej powierzchni palców znajduje Meissner w 400 brodawkach 108 ciałek, które wszystkie razem zajmują przestrzeń 2.2 mm.², na drugiej falandze na tej samej przestrzeni znajduje tylko 40 brodawek, a w nich 15 takich ciałek.

4) Ciałka Krauzego są to małe pęcherzykowate ciała, posiadające od strony wewnętrznej zgrubienia, prawdopodobnie protoplazmatyczne, w których, w postaci guziczków, kończą się włókna nerwowe. Ciałka te znajdują się w błonie śluzowej warg, języka, spojówki, leżą w warstwie nabłonkowej, lub wyjątkowo w tkance łącznej.

5) Wolne zakończenia nerwowe pomiędzy komórkami nabłonka skóry, lub błony śluzowej. Takie zakończenia na przykład znajdujemy w rogówce, na powierzchni dłoni i podeszwy, szczególnie na palcach. Tworzą one nieraz w warstwie nabłonkowej bardzo skomplikowaną siateczkę. Te wolne zakończenia pomiędzy komórkami znaleziono także w błonach surowiczych, śluzowych, w mięśniach, a nawet we włóknach nerwowych, jako tak zwane *nervi nervorum*.

1. Dotyk. Czucia, powstające przy najlżejszym dotknięciu powierzchni, w której się znajdują opisane wyżej ciała nerwowe, z powierzchnią inną, noszą nazwę czuć dotykowych. Nie ulega wątpliwości, że czucia te zostają wywołane w sposób mechaniczny, wskutek uciskania zakończeń nerwowych, które z konieczności musi nastąpić przy zetknięciu się skóry, lub błony śluzowej z ciałem obcym, lub częścią naszego własnego ciała. Zależnie od siły nacisku, którego używamy przy takim zetknięciu, czucie będzie różne; jeżeli nacisk jest możliwie najmniejszy, to czucie wywołane możemy uważać za czysto dotykowe, jeżeli zaś nacisk jest większy, to powstanie zarazem czucie uciskowe. Są to niewątpliwie czucia odrębne i dlatego w tem miejscu zastanowimy się wyłącznie tylko nad czuciem pierwszej kategorii. Czucia dotykowe, jak wspomnieliśmy wyżej, powstają tylko przy bardzo słabym ucisku. przy najlżejszym zetknięciu z obcym przedmiotem. Zapomocą tych czuć możemy rozpoznać pewne cechy powierzchni ciał i do pewnego stopnia ich konsystencją, a więc powierzchnią gładką lub nierówną, ciała stałe, płynne i t. p.

W praktyce tym czuciom zwykle towarzyszą i z nimi się kojarzą

inne kategorie czuć, a mianowicie: czucie temperatury i ucisku, i dlatego czucia czysto dotykowe mogą powstawać właściwie tylko w wyjątkowych razach. Że w wywołaniu tych czuć mniejszy lub większy ucisk nie odgrywa roli, można się przekonać w rozmaity sposób. Jeżeli palcem dotykamy się jakiegoś ciała, to czucie dotykowe powstaje tylko w pierwszej chwili zetknięcia i jeżeli spokojnie pozostawimy palec na tem samem miejscu, bez najmniejszego ruchu, powoli słabnie i wkońcu zupełnie ginie. Podobnie, jeżeli wsuwamy palec do cieczy, na przykład do rtęci lub oliwy, to czucia dotykowe odbieramy tylko w chwili zetknięcia się palca z powierzchnią cieczy, a wsuwając palec głębiej, czujemy zetknięcie z cieczą tylko na granicy cieczy z powietrzem, podczas gdy część palca lub ręki spokojnie pozostawione w głębi cieczy nie dostarcza nam wcale czucia dotyku. Tak samo, jeżeli zdejmemy dokładną formę z palca, na przykład zapomocą parafiny i następnie wdziejemy tę formę na palec, to o ile nie będziemy palcem poruszali, palec również nie odbiera żadnych czuć. Tem się tłumaczy, że ludzie bardzo łatwo mogą się przyzwyczaić do noszenia słabych jakichś opasek, pierścionków, sztucznych zębów i t. p. Z tego można widzieć, że czucia dotykowe, chociaż zależą od pewnego stopnia ucisku, na powierzchnię czuciową, i od pewnej deformacji, jakiej ona ulega, to jednakże powstają tylko w chwili, kiedy ta mechaniczna deformacja następuje, a skoro już nastąpiła, aż do nowego zetknięcia nowe wrażenia zupełnie nie powstają. Ponieważ każda zmiana w zetknięciu, a więc i każda nowa deformacja powierzchni dotykowej wywołuje czucie dotykowe, więc oczywiście zależało na tem, aby wyjaśnić, jak szybko mogą zachodzić zmiany, które wywołują odrębne czucia dotykowe. W tym celu Walentin posługiwał się kółkiem zębatem, które było w ten sposób przystosowane, że podczas obrotu zęby dotykały jednego i tego samego badanego miejsca. Otóż w badaniach swoich autor ten znalazł, że jeżeli ilość uderzeń ząbków o skórę przenosiła 640 na sekundę, to wrażenia pojedyncze znikały, a zębaty brzeg kółka czynił wrażenie wprost gładkiego brzegu. Wittich zaś badając pod tym względem czucie dotykowe zapomocą drgającej struny, przyjmuje liczbę drgań, wywołującą odrębne wrażenia, 1000 na sekundę.

Dokładność czuć dotykowych, zależy bardzo znacznie od tego, czy one są odbierane z małej, czy też z większej powierzchni, czy powstają naprzemian w jednych i tych samych, czy też coraz to innych elementach nerwowych; im większa ilość elementów zostaje podrażniona, im częściej następują po sobie podrażnienia, tem czucie staje się dokła-

dniejsze, t. j.: tem wybitniej sobie uprzytomniamy cechy, które staramy się rozpoznać w badanych ciałach, zwłaszcza stałych. Oczywiście, że w tym celu narząd, którym badamy: palec lub rękę, musimy poruszać po powierzchni przedmiotu, a w takim razie oczywiście czucia dotykowe będą złożone z uczuciami mięśniowymi. Ta potrzeba otrzymywania całego szeregu czuć, zapomocą szeregu grup zakończeń nerwowych, jest przyczyną, dlaczego, chcąc rozpoznać jakiś przedmiot w ciemności, nie zadowaliamy się jednym dotknięciem, lecz macamy go kilkakrotnie po całej powierzchni, i w ten sposób wytwarzamy sobie także pewne pojęcie, ze stosunków miejsc podrażnionych na powierzchni skóry, a szczególnie na powierzchni palców, o kształcie przedmiotów, jakkolwiek, jak zaznaczyliśmy, pod tym względem niemałą rolę grają czucia mięśniowe.

II. Czucie ucisku. Z czuciem dotyku zostaje w bezpośrednim związku czucie, które odbieramy przy ucisku na skórę lub niektóre miejsca błon śluzowych. Ponieważ trudno wyobrazić sobie dotknięcie bez mniejszego lub większego ucisku, przeto niektórzy fizyologowie i psychologowie uważają te dwa rodzaje czuć za jeden, wywołany drażnieniem tych samych zakończeń nerwowych. Sprawa ta jednakże nie jest dotychczas wyczerpująco zbadana. Spostrzeżenia na zwierzętach, w których uwzględniano odruchy wywołane podrażnieniem tylko dotykowem, lub tylko uciskowem, przemawiały wyraźnie za tem, że to są wrażenia odrębne, gdyż wrażenia dotykowe dają zupełnie inne odruchy w sferze czynności mięśni, niż wrażenia wywołane uciskiem. Taksamo obserwując na ludziach lub zapomocą autoobserwacyi można się przekonać, że podczas lekkiego zetknięcia się z jakimś przedmiotem świata zewnętrznego, słowem w warunkach, kiedy mamy na względzie tylko czucie dotykowe, odruchowe zjawiska są odrębne i czucia, które w tych warunkach powstają, zupełnie nie wywołują czucia ucisku; odwrotnie, jeżeli wywołujemy ucisk przez silniejsze zetknięcie się z pewnym przedmiotem, to może powstać wrażenie ucisku, któremu zupełnie nie towarzyszy zwykle czucie dotykowe. Na tej podstawie uważam za stosowne te dwa rodzaje czuć rozpatrywać osobno, tem bardziej, że wywołane przez nie wyobrażenia są także zawsze odrębne

Pierwsze dokładniejsze badania czucia ucisku zostały przedsięwzięte przez Ernesta Henryka Webera, który też opracował głównie metodę badania. Metoda ta, której i do dziś dnia wypada się ściśle trzymać w doświadczeniach tego rodzaju, daje się streścić w następujących słowach. Przedewszystkiem badana osoba musi mieć oczy zamknięte. Do badania bierze się ciężarki, które winny mieć równą podstawę aby

uciskały zawsze jednakową powierzchnię skóry. Jeżeli się ma na względzie oznaczenie czuć, powstających pod wpływem rozmaitych obciążeń, to trzeba badania przeprowadzać zawsze na tem samym miejscu skóry i zwracać baczną uwagę na to, aby temperatura ciężarków była zupełnie jednakowa.

W końcu, z badań tych należy zupełnie wyeliminować udział mięśni, t. j. badana część ciała powinna się opierać na stałej podstawie. Badania w ten sposób przez Webera przeprowadzone wykazały, że w oznaczeniu różnic ucisku odgrywa rolę nie bezwzględne obciążenie badanego miejsca, lecz tylko względny stosunek dwóch obciążeń do siebie. Jeżeli się więc porówna dwa obciążenia i wynajdzie takie, przy których różnica ucisku występuje wyraźnie, to potrzeba oba doświadczenia wykonać bezpośrednio po sobie, układając ciężarki na jednym i tem samym miejscu to jeden, to drugi, przyczem wypada zwrócić uwagę na to, aby czas, który upływa pomiędzy położeniem jednego i drugiego ciężarka był ten sam i możliwie krótki, albowiem spostrzeżenia wykazały, że czas ten odgrywa bardzo ważną rolę w ocenianiu różnicy; okazało się mianowicie, że im czas jest dłuższy, tem ciężarki muszą przedstawiać większą różnicę, ażeby można było odczuć różnicę ucisku. I tak, badając skórę na powierzchni dłoniowej trzeciej falangi palców, znalazł Weber, że najmniejszą różnicę odczuwa się wtedy, gdy stosunek ciężarków jest 29:30 i że stosunek ten zachowuje się dla wszelkich obciążeń, od najmniejszych do największych. Powtarzając doświadczenia Webera, Fechner sformułował to prawo, dające się streścić w następujących wyrazach: Najmniejsza świadoma różnica w podrażnieniu jest proporcjonalna do podrażnienia. Jeżeli przypuścimy β jest podrażnienie, a $\sigma \beta$ uczuwana różnica w podrażnieniu, to $\sigma \beta = x \beta$, gdzie x jest liczbą stałą, w naszym przypadku $= 1/30$. Nowsze doświadczenia Heringa i Biedermana, przeprowadzone z większą dokładnością, niż doświadczenia Webera i Fechnera, prawa tego nie stwierdziły, autorzy ci bowiem znaleźli, że różnica w podniętach dla bardzo małych obciążeń, jest stosunkowo większa niż dla średnich; zwiększa się również dla dużych; prawo więc Weber — Fechnera miałoby zastosowanie tylko dla pewnych określonych obciążeń, wywierających średni ucisk.

Wrażliwość skóry pod tym względem jest jednakże nie jednakowa: na palcach jest większa, tak, że różnica obciążeń jest mniejsza, niż w innych miejscach skóry, dość duża na czole, a stosunkowo słaba na plecach i pośladkach; wogóle jest większa tam, gdzie skóra ma stałą podstawę z kości.

Fechner, Aubert i Kammler starali się oznaczyć także minimalne obciążenie, które wogóle można odczuć, a które w takim razie odczuwamy, jako wrażenie dotykowe. Badania te wykazały, że pod tym względem minimalne obciążenie dla rozmaitych miejsc skóry, jest również niejednakowe: tak na przykład, na brzuszkach palców odczuwamy już obciążenie 2 miligr., na przedramiu 3 mgr., na brzuchu zaś zaledwie 5, a na paznokciach nawet 1 gr.

Rozważając prawo przyrostu obciążeń, które odczuwamy jako różnicę w ciężarze, Fechner zauważył, że ono przedstawia proporcjonalność logarytmiczną, czego również doświadczenia w zupełności nie stwierdziły.

Już na podstawie spostrzeżeń Webera było wiadomo, że czas, który upływa pomiędzy działaniem dwóch obciążeń odgrywa ważną rolę; tak gdy na palcu różnice obciążenia odczuwamy przy bezpośrednim układaniu po sobie ciężarków w stosunku 29:30, jeżeli taką samą różnicę w obciążeniu chcemy odczuć po upływie minuty, to potrzeba aby stosunek tych ciężarów był jak 4:5. Pochodzi to stąd, że ocenianie różnicy ciężarów przy następujących podrażnieniach zależy od pamięci; względnie od śladów, które powstają w układzie nerwowym po poprzednim wrażeniu, od uprzątnienia sobie pierwotnego czucia. Otóż czucia ucisku mają tę właściwość, że się stosunkowo prędko zacierają i dlatego przypomnienie poprzedniego czucia, podczas otrzymywania nowych czuć, odbywa się niedokładnie, gdyż ślad poprzedniego czucia jest już znacznie zatarty i dlatego nowe czucie musi być o wiele silniejsze, niż w tym przypadku, gdy je bezpośrednio odbieramy.

Na pytanie, które z opisanych zakończeń nerwowych odgrywają rolę elementów wrażliwych na czucie ucisku, dotychczas dostatecznej odpowiedzi nie mamy, istnieją jednak przypuszczenia, że w tym względzie najprawdopodobniej wybitną rolę grają ciała Pacciniego, podczas gdy taką samą rolę w sprawie dotykania odgrywają ciała Meissnera.

Chociaż nie znamy dokładnie elementów, które biorą udział w odbieraniu tych czuć, jednak sposób podrażnienia do pewnego stopnia można oznaczyć. Jest nim bezwarunkowo pewne posunięcie elementów skóry; dlatego i dotyk i ucisk odczuwamy najwyraźniej w chwili kiedy te zmiany występują, albo jeżeli uciskanie nie jest równomierne. Wspominaliśmy już wyżej, że jeżeli zanurzamy rękę do cieczy, to czucie dotykowe odbieramy tylko w miejscu, w którym ciecz graniczy z powietrzem. t. j. w miejscu, gdzie istnieje różnica w ucisku. Lecz ten równomierny ucisk, któremu podlega ręka zanurzona, na przykład w rtęci, wy-

kazuje najwyraźniej różnicę między czuciem dotyku a uciskiem. Zetknięcie czujemy tylko z pogranicza, w którym ciecz styka się ze skórą, natomiast z głębszych warstw cieczy, odbieramy wrażenie ogólnego parcia ze strony cieczy, które się tem różni od zwykłego czucia ucisku, że go nie lokalizujemy w określonym punkcie skóry, a nawet wogóle nie lokalizujemy w skórze, lecz odnosimy do całej części ciała, znajdującej się pod wpływem tego ucisku. Takie naprężenie jednakże istnieje tylko wtedy, jeżeli ciśnienie równomierne jest dość znaczne; gdy zaś ciśnienie jest słabe, w takim razie tylko w chwili zetknięcia powstaje czucie, a następnie zupełnie żadnych wrażeń nie odbieramy i tem się tłumaczy, jak to już zauważyliśmy wyżej, nasze przyzwyczajenie do noszenia rękawiczek, butów, zębów sztucznych i t. p., które, pomimo że w niektórych przypadkach niewątpliwie naciskają na skórę, lub błonę śluzową, nie zostają odczuwane, t. j. nie wywołują żadnych szczególnych czuć.

Różnicę między uciskiem a dotykiem, możemy widzieć jeszcze i z tego, że za pomocą zetknięcia palców, lub innej nawet części skóry z przedmiotem zewnętrznym, możemy oznaczyć chropowatość lub gładkość jego powierzchni, jeżeli ucisk staje się większy, w takim razie czucie ucisku, które odbieramy od ciała cisnącego, nie pozwala nam wcale tych własności rozpoznawać. Jeżeli siła ucisku jest bardzo znaczna, to już z początku czucie ucisku, jakby się zabarwiałoby czuciem bólu i w miarę jak ucisk się wzmacnia, znika zupełnie czucie ucisku, a występuje jedynie wyraźne czucie bólu.

Do badania czucia ucisku istnieją obecnie osobne przyrządy, jak na przykład igła estesyometryczna Bonnisa, barestesyometr Eulenburga i t. p., za pomocą których można oznaczyć stopień obciążenia, a więc i najmniejsze różnice w obciążeniu, przy których występuje różnica w ucisku, daleko dokładniej, niż dawną metodą Webera.

Już Weber wskazał na znaczenie temperatury w ocenianiu obciążeń: ciało cieplejsze w ogóle wydaje się lżejszem, niż zimne; tak na przykład jeżeli jedną monetę ogrzejemy do 7°, drugą do 37° lub 38°, to zimna moneta robi na czole wrażenie takiego samego ucisku, jak dwie monety ogrzane do 37 C.

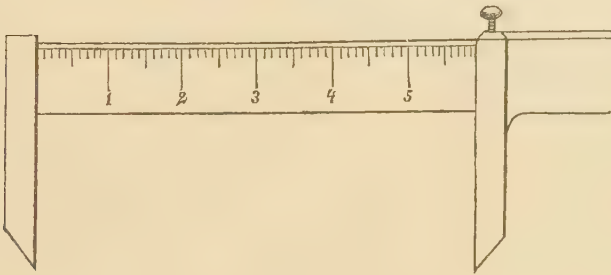
III. Czucie umiejscowienia. Wszystkie wrażenia wywołane w skórze, a więc w zakończeniach nerwowych dotykowych mają jeszcze tę własność, że z chwilą, kiedy powstaje czucie odpowiednie, zdajemy sobie sprawę z miejsca powierzchni naszego ciała lub błony śluzowej, na które przyczyna wywołująca czucie, działa.

Tę zdolność naszego ustroju nazwał Weber czuciem umiejscowienia (*Ortsinn*). Opiera się ono na ogólnej własności nerwów dośrodkowych, w skutek której każde czucie odnosimy na zewnątrz. Tu spotykamy tylko tę różnicę z innymi umysłami, że lokalizujemy przyczynę działającą nie poza ustrojem, lecz na jego powierzchni w miejscu, gdzie się znajdują zakończenia nerwowe. Jednakże i te czucia możemy odnosić zupełnie na zewnątrz ustroju, jak na przykład w tym przypadku, gdy za pomocą laski dotykamy ziemi lub jakiegoś przedmiotu; wtedy zupełnie wyraźnie czujemy z jednej strony zetknięcie się naszej skóry z laską, z drugiej strony dotknięcie laską ziemi lub danego przedmiotu. To złożone czucie, które w tym przypadku odbieramy nie tylko z powierzchni skóry, lecz i z mięśni, pozwala nawet do pewnego stopnia ocenić odległość powierzchni skóry od przedmiotu dotykanego laską. Tak samo odległość tę możemy ocenić dotykając przedmiotu dwoma punktami skóry lub wogóle powierzchni czuciowej. pośrednio lub bezpośrednio, do dwóch punktów, jakiegoś ciała zewnętrznego. To odnoszenie czucia na powierzchnię czuciową jest tak silne, że występuje nawet wtedy, gdy nie tylko odpowiednie zakończenia nerwowe, lecz nawet odpowiednie włókna nerwowe w swoim przebiegu zostają podrażnione i tem się tłumaczy, dlaczego niekiedy po amputacji kończyny zadrażnienie nerwów w bliźnie wywołują czucie dotyku względnie bólu, które odnosimy do nieistniejącej już kończyny, dlaczego po transplantacji, na przykład skóry z czoła na nos, dotykanie powierzchni transplantowanej daje zawsze wrażenie, jakbyśmy się dotykali czoła. Z tego widzimy, że czucia które odbieramy od dzieciństwa za pomocą naszych nerwów, przebiegają tak stałymi drogami, że przeniesienie tych zakończeń w inne miejsce, zupełnie nie zmienia charakteru czucia, co do miejsca. Ta stała projekcja czuć dotykowych tłumaczy nam pewne złudzenia, które za pomocą tego zmysłu mogą być wywołane. Jeżeli za pomocą dwóch takich miejsc naszej powierzchni czuciowej, któremi nigdy nie dotykamy współcześnie jednego i tego samego przedmiotu, przypadkowo lub umyślnie dotkniemy jednego przedmiotu, to powstają u nas czucia nie tylko dotknięcia w dwóch punktach ciała, ale także zupełna świadomość, że dotykamy dwóch odrębnych przedmiotów, jak to widzimy w tak zwanem doświadczeniu Arystotelesa. Jeżeli na przykład skrzyżujemy dwa palce: wskazujący i średni w ten sposób, ażebyśmy mogli dotknąć wewnętrzną stronę palca wskazującego, a zewnętrzną palca średniego jakiejś kuleczki, na przykład z chleba lub wosku, to w takim razie, pomimo, że jesteśmy pewni, że dotykamy tylko jednej gałki, wyraźnie uczuwamy, że mamy

pod palcami dwie. Ta projekeya i drogi, któremi stany czynne z zakończeń nerwowych czuciowych przebiegają, są tak odrębne, że pomimo ćwiczenia się w powyższem doświadczeniu nigdy nie możemy doprowadzić do tego, aby w świadomości naszej powstało wrażenie jednej kuleczki, lecz odwrotnie w miarę ćwiczenia łatwość, z jaką powstaje podwójne wrażenie, ciągle wzrasta.

Do oznaczenia wrażliwości skóry, pod względem umiejscowienia posługiwać się możemy dwojaką metodą: 1) Za pomocą naprzykład okopconej główki szpilki, dotykamy skóry u badanej osoby, która musi mieć oczy zamknięte. W ten sposób zaznaczamy zarazem miejsce zetknięcia. Następnie badana osoba ma wskazać za pomocą drugiej szpilki miejsce, gdzie dotknięcie w pierwszym przypadku nastąpiło. Wskazanie

Ryc. 201.



Estezyometr Webera.

to może być mniej lub więcej dokładne i odległość w której osoba badana ustawia szpilkę, od tego miejsca, gdzie nastąpiło dotknięcie pierwszą, jest miarą większej lub mniejszej dokładności lokalizacyi. Druga metoda polega na współczesnem dotykaniu skóry za pomocą osobnego rodzaju cyrkla, tak zwanego *estezyometru Webera* (ryc. 201). Badania takie wykazały, że dotykając cyrklem dwóch miejsc skóry, otrzymujemy albo wrażenie pojedyncze, albo podwójne, zależnie od tego, jaką odległość mają końce cyrkla, czyli jaką rozwartość przedstawiają jego ramiona.

W jednym i tem samym miejscu możemy przy pewnej rozwartości cyrkla otrzymać wrażenie pojedyncze, a następnie, rozsuwając ramiona cyrkla, otrzymać wrażenie podwójne. W ten sposób możemy oznaczyć najmniejszą odległość, przy której otrzymujemy czucie podwójne, albo największą odległość, przy której otrzymujemy czucie pojedyncze.

Ta odległość w rozmaitych okolicach naszej powierzchni czuciowej jest różna; podług badań Webera przedstawia się ona w sposób następujący: Najczulsza pod tym względem jest błona śluzowa na końcu języka:

Podwójne wrażenia otrzymujemy przy rozwartości:

Na końcu języka	1.1 mm.
» powierzchni dłoniowej III falangi palców	2.2 »
» czerwonym brzegu warg	4.5 »
» powierzchni dłoniowej II falangi palców	4.5 »
» powierzchni grzbietowej III falangi palców	6.7 »
» końcu nosa	6.7 »
» powierzchni dłoniowej śródręcza	6.7 »
» linii środkowej języka, począwszy od 2 mm od końca	9 »
» skórnym brzegu warg	9 »
» śródręczu dużego palca ręki	9 »
» podeszwowej powierzchni II falangi dużego palca nogi	11.2 »
» grzbiecie II falangi palców nogi	11.2 »
» policzku	11.2 »
» powiekach	11.2 »
» podniebieniu	13.5 »
» podeszwie śródnoża	15.7 »
» powierzchni grzbietowej I falangi palców	15.7 »
» powierzchni grzbietowej główek śródręcza	18 »
» powierzchni wewnętrznej warg	30.3 »
» dolnej części czoła	22.5 »
» tylnej części pięty	22.5 »
» dolnej części potylicy	27 »
» grzbiecie ręki	31.5 »
» szyi z przodu	33.7 »
» ramionach z tyłu	33.7 »
» kolanie	36 »
» kości krzyżowej	40.5 »
» pośladkach	40.5 »
» przedramieniu	49.5 »
» goleni	40.5 »
» grzbiecie nogi	40.5 »
» mostku	45.4 »
» karku	54.1 »

Na grzbiecie	52.1 mm.
» ramieniu i udzie	67.6 »

To minimum odległości pomiędzy ramionami cyrkla może służyć za miarę do oceniania wrażliwości skóry w każdej okolicy u danego osobnika. Starano się wynaleźć ogólne prawo, któreby wyrażało zależność pobudliwości skóry w tym względzie od innych warunków stroju. Według Vierordta mniejsza lub większa wrażliwość skóry w ocenianiu umiejscowienia, zależy od wielkości ruchów; ma być ona w każdej części naszych członków proporcjonalna do odległości danego punktu skóry, od osi obrotu danego członka. Prawo to jednakże ma zastosowanie tylko w ogólnych zarysach, albowiem ściślej proporcjonalności w rzeczywistości wykazać nie można. Należy jeszcze zauważyć, że w każdym miejscu, przy ocenianiu odległości, w której odbieramy czucia podwójne, uważać należy na kierunek: w kierunku pionowym bowiem jest ona większa; następnie zmniejsza się w miarę, jak skupiamy uwagę na badanie; w końcu, zdolność ta się kształci i może być o wiele większa wskutek częstego posługiwania się ocenianiem odległości, jak to ma miejsce na przykład u ślepych, a więc jednocześnie z rozwojem wogóle czucia w skórze. Zmniejsza się ona, jeżeli dotykamy dwóch rozmaitych przedmiotów, tak różnica ta wybitnie występuje przy dotykaniu rozmaitych cieczy, na przykład: wody i oliwy; jest mniejsza względnie u dzieci, zwiększa się, gdy skóra zostaje napięta (na przykład u ciężarnych na brzuchu).

Odróżnianie odległości dwóch punktów na powierzchni skóry, jest jednakże wogóle bardzo niedokładne i złudne; jeżeli na przykład posuwamy ramiona cyrkla, jednakowo oddalone, od przedramienia na palce, albo z ucha na wargi, to wrażenie z początku pojedyncze staje się następnie podwójnem i w końcu powstaje wrażenie, jakby dwa punkty zetknięcia coraz bardziej się od siebie oddalały. Odwrotne wrażenie odbieramy, gdy poruszamy cyrkiel w kierunku odwrotnym.

Naparetek lub pierścionek położony na powierzchni palców wydaje się nam większym, niż położony na dłoni. Elektryzowanie skóry pomiędzy ramionami cyrkla lub drażnienia jej za pomocą pędzelka usuwają czucie podwójne.

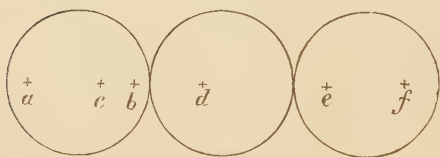
Oczywiście zamiast podwójnego cyrkla możemy użyć cyrkla o 3 lub więcej ramionach i w ten sposób badać w każdej okolicy, ile punktów, podczas jednorazowego zetknięcia się, naraz możemy odróżnić. Otóż w miejscach czulszych skóry niewątpliwie możemy odróżnić wra-

żenie 3—5 zetknięć, lecz w miarę większej liczby punktów zetknięcia wrażenia stają się coraz mniej wyraźne i poza 5 punktów zwykle nie przekraczają, gdyż następnie otrzymujemy wrażenie dotknięcia jakąś szerszą powierzchnią, i chociaż w pewnych miejscach odczuwamy zetknięcie silniej niż w innych, to jednak liczby dotkniętych punktów podać nie możemy.

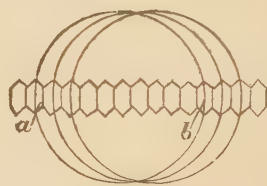
Pola czuciowe i teoria umiejscowienia.

Jeżeli w pewnej okolicy skóry oznaczymy za pomocą estezyometru Webera najmniejszą odległość, przy której otrzymuje się czucie podwójne i, pozostawiawszy cyrkiel na badanym miejscu, oznaczamy dla miejsca tego taką samą odległość w kierunku do poprzedniego prostopadłym, to możemy za pomocą tych 4 punktów wyznaczyć przestrzeń, zwaną po-

Ryc. 202.



Ryc. 203.

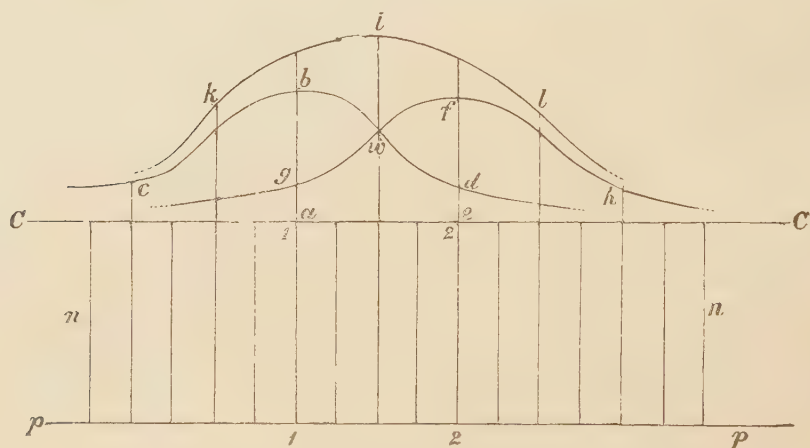


lem czucia (Empfindungskreis). Jeżeli obie odległości są równe, to pole czucia będzie kołem, w przeciwnym razie elipsą. Koła te, jak z badań Webera wynika, nie mają stałych granic anatomicznych, t. j. nie odpowiadają rozmieszczeniu odrębnych zakończeń nerwowych. Gdybyśmy oznaczyli takie pola przylegające do siebie tylko swymi obwodami, gdyby do każdego pola dochodziło jedno lub kilka odrębnych zupełnie włókien nerwowych, które, obejmowałyby przestrzeń, dające nam czucie pojedyncze, a podwójne tylko w tym przypadku, gdy ramiona cyrkla dotykają dwóch odrębnych pól, to rozwartość cyrkla w tem samym miejscu, przy najmniejszym posunięciu musiałyby się zmieniać, ażeby powstało wrażenie podwójne: podczas gdy między *a* i *b* (ryc. 202), musiałyby czucie być pojedyncze, między *b* i *d* podwójne. Tymczasem widzimy, że posuwając się w jednym lub w drugim kierunku obydwoma ramionami cyrkla, możemy wynaleźć cały szereg takich pól, ułożonych jedno na drugim, tylko nieco przesuniętych (ryc. 203). Z tego wynikałoby, że pola te nie odpowiadają odrębnym włóknom nerwowym,

lecz że musi istnieć inna przyczyna, która uwarunkowuje powstawanie podwójnych lub pojedynczych czuć. Według Webera wielkość tych pól zależy od ilości zakończeń nerwowych w danym miejscu, a warunkiem powstania podwójnego uczucia, jest to, że między dwoma podrażnionymi zakończeniami nerwowymi, jest przynajmniej jedno niepodrażnione i im więcej jest tych niepodrażnionych elementów, tem wyraźniej występuje uczucie podwójne. Lecz z jednej strony kształcenie się tego zmysłu, z drugiej ta okoliczność, że w tych miejscach skóry, gdzie odległość czuć podwójnych jest dość znaczna, odpowiednie pola musiałyby być dość duże, a w takim razie można byłoby znaleźć przestrzenie równe sobie, w których, jak na przykład na rycinie 202 odległość b i c byłaby równa d i f , a przy których w pierwszym przypadku uczucie powinno być podwójnem, w drugim pojedyncze, czego w rzeczywistości nie spotykamy, zmusiło Webera do zmodyfikowania jego hipotezy; przyjmuje on więc, że w każdym polu są zakończenia nie jednego nerwu, lecz całego ich szeregu i że uczucie podwójne powstaje wtedy, gdy między zakończeniami podrażnionymi leżą zupełnie niepodrażnione. Przyjmując teorią Webera i znając odległości w rozmaitych miejscach skóry, możemy obliczyć, ile zakończeń nerwowych niepodrażnionych może leżeć w tych polach. I tak, na palcach, gdzie pola dotykowe wynoszą 2·2 mm. średnicy, ciątek dotykowych niepodrażnionych byłoby 11—10. W każdym razie drogą doświadczenia można stwierdzić, że pola te nie posiadają stałych anatomicznych granic. Ponieważ skutek pewnych zmian w skórze, jak na przykład pod wpływem drażnienia prądem indukcyjnym lub stałym, *anaemii* i *hyperaemii* danego miejsca, pola te się zwiększają, skutek wprawy i ćwiczenia lub skupienia uwagi, odwrotnie się zmniejszają, przeto i ta późniejsza modyfikacja teorii Webera wydawała się niewystarczającą i trzeba było szukać jakiejś ogólniejszej hipotezy, która by wszystkie fakty tłumaczyła. Hipotezę taką postawił Bernstein. Według niego wytłomaczenia powyższych faktów musimy szukać w zależności pól czuciowych nie od rozkładu zakończeń nerwowych w skórze, lecz od spraw, zachodzących w ośrodkach, w mózgu samym. Biorąc za podstawę fakt, że gdy skutek podrażnienia nerwu wywołujemy uczucie bólu, to go nie odnosimy do miejsca podrażnionego, lecz do pewnej okolicy na około tego miejsca i okolica ta tem szerszą się nam wydaje, im silniejsze jest podrażnienie, (wiadomo, że podrażnienie silne jednego lub kilku włókien, może wywołać ból w okolicy całego pnia nerwowego, które to zjawisko nazwano iradyacją bólu), możemy podobny stosunek przyjąć i dla uczucia umiejscowienia i uczucia ucisku, z tą różnicą, że

iradyacji tej dopóty nie uświadamiamy sobie, dopóki ucisk nie przejdzie w czucie bólu. Ponieważ, jak zauważyliśmy wyżej, podrażnienie jest zlokalizowane tylko na jednym lub kilku punktach powierzchni czuciowej, a czucie bólu odnosimy do znacznej powierzchni, na której zakończenia nerwowe i nerwy same zostają niepodrażnione, więc całe to zjawisko musimy odnosić tylko do spraw, zachodzących w mózgu i musimy przypuścić, że silne podrażnienie pewnych nerwów obwodowych wywołuje odpowiednio silny stan czynny w odpowiednich ośrodkach i to nie tylko w tych, z którymi zostają w związku bezpośrednim, lecz wskutek połączeń ośrodków między sobą, także w pewnej liczbie ośrodków sąsiednich, nie połączonych z tymi nerwami; wskutek

Rycina 204.



Teoria pól czuciowych.

tego otrzymujemy wrażenie, jakoby i te sąsiednie grupy zostały podrażnione za pośrednictwem swoich nerwów i wprowadzone w stan czynny.

Możność umiejscowienia czuć, odbieranych z powierzchni czuciowej, jak również odpowiednia, znana nam już z fizjologii oka, lokalizacja obrazów, otrzymywanych z różnych punktów siatkówki w przestrzeni, świadczą, że od każdego punktu powierzchni czuciowej, muszą przebiegać drogi nerwowe, które w sposób izolowany doprowadzają do odpowiednich ośrodków. Ta okoliczność, dająca się niewątpliwie stwierdzić na wielu zmysłach, przemawia za tem, że w sferze centralnej musimy mieć dla powierzchni czuciowej jakby geometrycznie podo-

bną powierzchnię, której każdy punkt zostaje w bezpośrednim, izolowanem połączeniu z jednym punktem powierzchni czuciowej, słowem musimy przyjąć istnienie rzutu powierzchni czuciowej w sferze centralnej, którego pojedyncze punkty są zupełnie taksamo ułożone, jak punkty powierzchni czuciowej. To przypuszczenie potwierdzają niektóre spostrzeżenia nad powierzchnią czuciową kory mózgowej, nad jej sferą psychomotoryczną, a nadto przypuszczenie to jest najprostsze, a więc najbardziej naturalne. Otóż podług Bernsteina, jeżeli przypuścimy, że linia $p\ p$ (patrz ryc. 204), przedstawia powierzchnię czuciową skóry, zaś linia $c\ c$ powierzchnię owego rzutu, to podrażnienie włókna 1, przenosi się do odpowiedniego ośrodka 1a i podrażnia go. Przypuśćmy, że siłę podrażnienia wyraża nam współrzędna $a\ b$; to wskutek rozchodzenia się tego podrażnienia na ośrodki sąsiednie, siła ich podrażnienia będzie stopniowo malała, tak, iż współrzędne, oznaczające te mniejsze podrażnienia dadzą nam krzywą $c\ b\ d$. Ta większa lub mniejsza rozciągłość krzywej, która nawet w rzeczywistości przedstawiałaby się w postaci stożka zaokrąglonego, zależy od pewnego oporu, który stawiają elementy nerwowe stanowi czynnemu i który właśnie powoduje, że stan czynny przenosi się tylko na bliską okolicę, oraz, że stopniowo się zmniejsza. Jeżeli następnie przyjmiemy, że opór ten stoi w prostym stosunku do siły podrażnienia, ta krzywa zakreślona współrzędnymi siły podrażnienia każdego punktu centralnej powierzchni będzie nam się przedstawiać w postaci, którą mamy na rysunku. W ten sposób powstanie koło iradyacyjne na powierzchni rzutu w sferze centralnej a granicami jego będą miejsca, gdzie podrażnienie dosięga tylko progu pobudliwości. Wskutek odnoszenia stanów czynnych z centrów na zewnątrz, będziemy mieli wrażenie, jakoby, odpowiednio do tego koła iradyacyjnego powierzchni centralnej, były podrażnione zakończenia nerwowe na powierzchni obwodowej. Wyobraźmy teraz sobie podrażnienie drugiego punktu (2) na obwodowej powierzchni, które jest równie silne i oczywiście wywołuje zupełnie podobne koło iradyacyjne w powierzchni centralnej; wskutek położenia tych dwóch kół pewna grupa ośrodków nerwowych będzie wprawiana w stan czynny i przez jedno, i przez drugie koło i wskutek tego, przy pewnej nieznaczonej odległości tych kół, ośrodki te mogą być silniej podrażnione niż te, które bezpośrednio otrzymują wrażenia od swoich nerwów; siłę podrażnienia wyrażałaby w tym razie współrzędna i , a podrażnienie powierzchni czuciowej w dwóch punktach wywołałoby u nas czucie jednego podrażnienia ale silniejszego, niż w każdym punkcie z osobna. Dopóki więc koła iradya-

cyjne mają jedno wspólne *marimum*, w świadomości naszej nie mogą powstać oddzielne czucia wskutek podrażnienia 2 lub więcej punktów, a staje się to możliwem dopiero wtedy, gdy podrażnione punkty na powierzchni czuciowej, stoją tak daleko od siebie, iż na powierzchni centralnej, pomimo iradyacji, powstaną dwa odrębne *marima*. Oczywiście że ten przypadek również zupełnieby się zgadzał z teorią Webera, że pomiędzy dwoma podrażnionymi punktami musi być szereg końcowych punktów niepodrażnionych. Teorii tej możnaby zarzucić, że koła iradyacyjne musiałyby być tem większe, im silniejsze jest podrażnienie i że w takim razie zdolność umiejscowienia musiałaby się zmniejszać z siłą bodźca, czyli że odległość, w której odróżniamy dwa punkty, musiałaby być większą. Jednakże Bernstein dowodzi, że przyjmąwszy jako warunek, że opór napotykaný przez stan czynny, rozchodzący się w ośrodkach nerwowych, wzrasta proporcjonalnie do siły podrażnienia, na podstawie matematycznej analizy krzywych można wykazać, że pomimo rozmaitej wysokości współrzędnych, podwójne *maximum* powstaje zawsze przy tej samej odległości punktów 1 i 2; a ponieważ przytem przecięcie się owych krzywych nastąpi zawsze niżej niż *marimum*, odpowiadające każdemu punktowi podrażnionemu, więc czucie może powstać podwójne. Fakt, że skupienie uwagi i wprawa zmniejszają koła czuciowe, tłumaczy się według tej hipotezy tem, że oba te czynniki zwiększają opór w elementach centralnych, wskutek czego zmniejszają koła iradyacyjne. Jakkolwiek jest to tylko hipoteza, to jednakże trzeba przyznać, że rzeczywiście tłumaczy ona wszystkie fakty, znane dotychczas przynajmniej w zakresie dotyku.

IV. Czcucie temperatury. Czcucie temperatury powstaje u nas w postaci dwóch zupełnie odrębnych czuć: czucia ciepła i zimna. Czucia te występują tylko przy nagłych zmianach temperatury skóry. Temperatura skóry, jak to już mówiliśmy w jednym z poprzednich rozdziałów, zależy od dwóch czynników: z jednej strony od temperatury krwi i jej ilości, przepływającej przez naczynia skóry, z drugiej strony od temperatury otoczenia. W warunkach zwykłych więc istnieje stały przypływ ciepła do skóry z wewnątrz ustroju i ciągła strata na zewnątrz, bądź wskutek promieniowania, bądź wskutek parowania potu, bądź też wskutek przewodzenia. Straty i przypływ tak są zwykle uregulowane, że wśród pewnych stałych warunków, w których przez mniej lub więcej długi czas możemy uważać temperaturę skóry za stałą, nie otrzymujemy żadnych czuć temperatury ze strony skóry. Z chwilą, gdy ta równowaga zostanie naruszona, gdy straty lub przypływ ciepła ulegają zmianom,

każda zmiana drażni nerwy czuciowe skóry i wtedy stan czynny tych nerwów, przenosząc się do ośrodków nerwowych, wywołuje odpowiednie czucie temperatury. Czucie zimna powstaje, gdy przyływ ciepła z wewnątrz, na przykład wskutek zwężenia naczyń skórnych, staje się mniejszy, gdy środowisko zewnętrzne odbiera więcej ciepła, niż go przedtem odbierało, na przykład gdy dotykamy zimnego jakiegoś przedmiotu lub lepszego przewodnika ciepła, np. metali; czucie ciepła powstaje w przypadkach odwrotnych, jeżeli skóra otrzymuje więcej krwi, a więc występuje rozszerzenie naczyń, jeżeli nie oddaje otoczeniu ciepła, lub je nawet odbiera od niego. Wogóle więc można powiedzieć, że przy oznaczaniu czuć temperatury, potrzeba mieć na względzie ciepłotę skóry i otaczającego środowiska, jakoteż jego stan: ciała stałe, płynne lub gazowe. Czucia temperatury występują tylko w pewnych granicach wahań temperatury. Jeżeli temperatura otaczającego ciała, lub ciała dotykającego skóry, jest zanadto wysoka lub niska, to czucie temperatury, jako takie znika, a zjawia się czucie bólu. Pod tym względem bardzo ważną rolę gra przewodzenie ciał dotykanych; w jednej i tej samej temperaturze, dobre przewodniki, jak metale, wywołują czucie zimna, lub ciepła, daleko silniej, niż złe przewodniki, co oczywiście zależy od szybkości strat, lub przepływu ciepła, które za pomocą dobrych przewodników odbywa się. Tak np. jeżeli rękę z powietrza 17° zanurzymy do wody 18° , to pomimo tego, że woda jest cieplejsza, otrzymujemy czucie zimna, ponieważ woda jest lepszym przewodnikiem ciepła i w tej samej jednostce czasu odbiera więcej ciepła, niż powietrze, jak również wskutek tego, że ciepło gatunkowe wody jest wyższe. Z tego samego powodu, w tej samej temperaturze, metale wydają się chłodniejszymi niż drzewo. Owe straty ciepła skóry, które nie dają nam żadnych wrażeń termicznych, a zwiększenie których wywołuje czucie zimna, są nader zmienne, a wskutek tego względnie bardzo różne temperatury mogą wywołać u nas raz wrażenie ciepła, drugi raz wrażenie zimna. Jeżeli, jak to wykazał Weber, zanurzymy rękę do wody o 12° C., a po pewnym czasie przeniesiemy ją do wody o 18° C., to pierwsze czucie, jakiego doznamy, będzie czucie ciepła, dopiero po pewnym czasie woda stanie się zupełnie obojętną, i dopiero po długim czasie będzie sprawiała wrażenie zimnej. Jeżeli odwrotnie. zanurzymy rękę do wody o 36° C. a następnie do wody o 18° C., a nawet do wody o 30° , to otrzymujemy odrazu czucie zimna. Z tego można widzieć, że ocenianie bezwzględnej temperatury za pomocą czucia temperatury może być dokonywane bardzo niedokładnie, gdyż zależy ono od stanu naszej skóry. Pomimo tej

niedokładności zdolność oceniania różnic temperatury, jest dość znaczna. Weber, który pierwszy w tym względzie doświadczenia wykonywał, wykazał, że jeżeli bezpośrednio po sobie zanurzymy palec do wody o małej różnicy temperatury, to możemy odczuć różnicę $\frac{1}{4}^{\circ}$ C., a przy skupieniu uwagi nawet $\frac{1}{5}^{\circ}$ C. On też badał zdolność tę w rozmaitych częściach skóry, przyczem posługiwał się naczyniami napełnionymi oliwą o rozmaitej temperaturze, które ustawiał na rozmaitych okolicach skóry. Z badań tych przekonał się, że najmniej dokładnie oceniamy różnice temperatury, jeżeli dwa palce jednej ręki zanurzamy do cieczy o różnych temperaturach, o wiele dokładniej, jeżeli te same palce obu rąk, a najdokładniej, jeżeli ten sam palec jednej ręki zanurzamy bezpośrednio po sobie do badanych cieczy. Prócz tego powierzchnia zetknięcia także gra tu pewną rolę, mianowicie: im większa powierzchnia wogóle zostaje pod działaniem pewnej temperatury, tem dokładniej odczuwa się różnicę; tak na przykład, jeżeli całą rękę zanurzymy do wody o 29.5° a palec drugiej ręki do wody o 32° , to woda pierwsza może się wydać cieplejszą, niż druga, z czegoby wynikało, że wrażenia termiczne ulegają sumowaniu. Podług badań Nothnagla i Alsberga najłatwiej odczuwany różnice temperatury w granicach od 27° do 36° C. gdzie ona może dochodzić do $0,1^{\circ}$ C., o wiele trudniej w granicach $14—39^{\circ}$ C. Weber zwraca uwagę także na tę okoliczność, że szybkość, z jaką odczuwamy ciepło i zimno, nie zostaje w związku ze zdolnością odczuwania różnic temperatury, a więc z dokładnością czuć temperatury; tak na przykład, jeżeli zanurzymy rękę do wody o $1^{\circ}—2^{\circ}$ C., to nasamprzód czujemy zimno na grzbiecie ręki, i to o wiele silniej, niż na dłoni; dopiero po upływie 8 sekund występuje czucie zimna na powierzchni dłoniowej silniej, chociaż zdolność odróżniania temperatury jest o wiele większa na powierzchni dłoniowej; w tym przypadku jednakże prawdopodobnie gra rolę grubość przyskórka. Badania, o których mówiliśmy wyżej, a które przeprowadził Weber i inni badacze, w celu oznaczenia dokładności czuć temperatury w różnych miejscach skóry i błony śluzowej, świadczą o tem, że czucie to nie zostaje w żadnym związku z czuciem umiejscowienia i ucisku, są bowiem miejsca, w których wszystkie trzy rodzaje czuć występują jednakowo, są zaś i takie, gdzie czucie temperatury jest dokładniejsze, niż czucie umiejscowienia i odwrotnie. Tak na przykład koniuszek języka należy do tych miejsc, w których czucie umiejscowienia i temperatury jest jednakowo dokładne, powieki posiadają bardzo delikatne czucie temperatury, a bardzo niedokładne czucie umiejscowienia. Okolica skroni i ucha mają o wiele lepsze czucie temperatury, niż

środek czoła, skrzydła nosa lepsze, niż koniec nosa. podczas gdy czucie umiejscowienia, jak widzieliśmy, zachowuje się odwrotnie. Na policzkach idąc od ucha, czucie temperatury się zmniejsza ku okolicy warg, na samych wargach na ich czerwonej powierzchni, jest o wiele mniej dokładne, szczególnie dla ciepła, niż na samej granicy ze skórą. Jeżeli na przykład do łyżeczki herbaty lub rosółu, który na błonie śluzowej wywołuje tylko czucie ciepła, zanurzymy wargę tak, ażeby i brzeg skóry się zamaczał, to otrzymujemy silne czucie piekącego bólu. Również nie jednakowo przedstawia się czucie temperatury na błonach śluzowych, w nosie na przykład jest słabo rozwinięte, podczas gdy w uchu jest dość delikatne. Na górnych kończynach palce posiadają najdelikatniejsze czucie temperatury, brzusiec palca wielkiego jest o wiele delikatniejszy niż małego; skóra na łokciu jest czulsza, niż nad mięśniem dwugłowym, na *trochanter* czulsza, niż na *crista ilei*.

Ciekawe są także spostrzeżenia Webera nad współczesnymi czuciami zimna i ciepła, gdy na przykład dwie powierzchnie skóry są w zetknięciu z ciałami różnej temperatury; jeżeli jedną rękę oziębimy i następnie dotykamy drugiej ciepłej, to zwykle nasamprzód powstaje czucie zimna w ręce ciepłej i tylko powoli i o wiele później występuje czucie ciepła w ręce zimnej. Oba te czucia niekiedy się zmieniają. Również, jeżeli przykładamy rękę ciepłą do chłodnego czoła: zawsze naprzód otrzymujemy wrażenie ciepła. Wogóle jednak zauważyć można, że przytem początkowo występuje czucie tej temperatury, która więcej się różni od średniej ciepłoty skóry.

Wspomnieliśmy już wyżej, że znaczne wahania temperatury wywołują zawsze czucie bólu. Obok bólu na jakiś czas znika pobudliwość w nerwach pośredniczących w tem czuciu. Jeżeli zanurzymy rękę do gorącej wody, która nas piecze, a następnie do zimnej wody to nieodczuwamy zupełnie zimna i dopiero powoli, po kilku minutach czucie to wraca. Czucie bólu wywołane ciepłem lub zimnem rozpoczyna się mniej więcej po za granicami od $+ 49^{\circ}$ do $- 11^{\circ}$ i chociaż początkowo zjawia się w postaci czucia temperatury, stopniowo przechodzi w czucie bólu; im więcej pewna temperatura przekracza powyższe granice, tem prędzej występuje ból, tak, że przy znacznie wysokiej lub niskiej temperaturze, czucia temperatury może zupełnie nie być, a jeżeli ono powstaje, to tylko w chwili poprzedzającej zetknięcie z danym przedmiotem, wskutek promieniowania. Czucie bólu występuje wogóle silniej w tych miejscach, gdzie naskórek jest cieńszy i w tych przypadkach, gdy powierzchnia zetknięcia jest większa. Weber badał działanie temperatury

niżej 0° na rozmaite części ciała i znalazł, że i pod tym względem zachodzą znaczne różnice. Tak na przykład w środku czoła pręciak żelazny oziębiony ręką do — 5° C. wywoływał silne czucie zimna bez bólu, natomiast na górnym brzegu oczodołu powstawało po 8 sekundach silne czucie bólu, — podobnie jak i na koniuszku języka, gdzie ból występował już przy — 2° do — 3° C.

Odrębny charakter czucia temperatury zmusza przypuszczać, że w skórze i błonach śluzowych muszą istnieć osobne zakończenia nerwowe, które przedstawiają niejako osobne zmysły. Jednakże przez długi czas przyjmowano, że oba te czucia, t. j. ciepła i zimna zostają wywołane przez jedne i te same nerwy i skutek zależy tylko od podrażnienia, że, jak to na przykład przyjmuje teoria Heringa, czucie ciepła powstaje wtedy, gdy w zakończeniach nerwowych odbywa się proces asymilacji, a zimno, gdy występuje dezasymilacja. Jednakże szereg nowszych doświadczeń, a w szczególności Blixa i Goldscheidera świadczą, że rzeczywiście istnieją nietylko osobne zakończenia dla czucia temperatury, ale także osobne elementy dla czucia ciepła, a osobne dla zimna. Autorem tym za pomocą pewnej modyfikacji metody Webera udało się na powierzchni skóry wykazać w rozmaitych miejscach punkty, które były pobudliwe tylko na zimno, oraz stwierdzić, że punktów czułych na zimno jest więcej niż czułych na ciepło. Punkty te najgęściej są rozłożone na palcach, natomiast na nogach są przestrzenie po kilka cm², w których nie znaleziono żadnych punktów. Punkty te niekiedy tworzą łańcuszki, rozchodzące się promienisto od jednego miejsca. Najbardziej decydującym faktem pod tym względem jest to, że autorem tym się udało drogą podrażnienia prądem indukcyjnym z pewnych punktów wywołać czucia ciepła, z innych zimna. Które jednakże z zakończeń nerwowych w tych czuciach pośredniczą, dotychczas, nie wiadomo.

V. Czucie mięśniowe. Jakkolwiek niektórzy fizyologowie i psychologowie uważają czucie mięśniowe, za osobny zmysł, jednakże uwzględniając charakter tych czuć, które za pomocą zmysłów otrzymujemy, i charakter czuć mięśniowych bez zastrzeżeń twierdzenia tego przyjąć niepodobna. Przez czucia mięśniowe rozumiemy te czucia, które pozwalają nam sądzić o stopniu skurczu naszych mięśni i odpowiednio do otrzymywanych czuć przystosowywać skurcze do zamierzonego ruchu. Czucia te jednakże, według mego zdania, tem się różnią od czuć, odbieranych za pomocą zmysłów, że stosunkowo bardzo słabo ujawniają się w naszej świadomości i ich wpływ regulacyjny odbywa się zwykle w sferze czynności nieświadomych. To też występują one tylko jako

czucia pomocnicze i wtedy wspólnie z innemi czuciami pozwalają nam z większą dokładnością ocenić opory, jakie w naturze napotykamy, ucisk jakiego doznajemy, lub określić położenie naszych członków. Jeżeli na przykład po przebudzeniu się pozostawimy nasze członki w spokoju i następnie przy zamkniętych oczach chcemy wyobrazić sobie położenie ręki, lub nogi, to wyobrażenia takiego nie możemy sobie utworzyć; jednak wystarczy najmniejszy ruch ręką lub nogą, aby położenie kończyny najwyraźniej nam się przedstawiło. Oczywiście, że przy tem, obok skurczów mięśni, powstaje także podrażnienie nerwów dotykowych, względnie ucisk na powierzchnię skóry i że otrzymane wrażenie powstaje wskutek syntezy tych trzech wrażeń; tylko w ocenianiu oporu wrażenia mięśniowe grają niewątpliwie wybitną rolę.

Z doświadczeń Webera wiadomo, że różnicę ucisku na palce, można odczuć przy stosunku ciężaru 29:30, zaś podnosząc ciężar w ręce, różnicę tę możemy odczuć już wtedy, gdy stosunek ciężarów jest 39:40. Na pytanie, w jaki sposób czucia te zostają wywołane, mamy w odpowiedzi dwie hipotezy: Jedna przyjmuje, że o stopniu skurczu każdego naszego mięśnia, sądzimy na podstawie centralnego impulsu, który z kory mózgowej do mięśnia dochodzi i do skurczu go pobudza. Jednakże przeciwko tej hipotezie świadczą niektóre przypadki patologiczne, a wreszcie i doświadczenia na zwierzętach, w których nerwy czuciowe mięśni lub skóry, albo jedno i drugie są uszkodzone, a pozostają tylko bez zmian nerwy ruchowe. Otóż w takim razie ruchy albo zupełnie stają się nie możliwe, jak na przykład w doświadczeniach Motta i Scherringtona na małpach, którym wszystkie nerwy czuciowe w górnej kończynie przecięto, albo mogą być wykonane tylko pod kierunkiem wzroku, lub dotyku. Gdyby ośrodki nerwowe w sferze świadomej lub nieświadomej posiadały możność mierzenia impulsów wysyłanych do mięśni i regulowały je, to oczywiście brak ruchów, lub ich niedokładność po zniszczeniu nerwów czuciowych byłyby niezrozumiałe, nadto trudno byłoby wytłumaczyć, do czego służą nerwy czuciowe w samych mięśniach. Z tego też powodu, wydaje się więcej prawdopodobną druga hipoteza, która dla czucia mięśniowego przyjmuje pochodzenie także obwodowe. Każdy skurcz mięśni, wskutek mniejszego lub większego natężenia ścięgien lub włókien mięśniowych, odpowiednio do tego natężenia, drażni zakończenia nerwowe i w ten sposób, prawie współcześnie ze skurczem, dochodzą do układu centralnego wrażenia, które świadczą o stopniu natężenia mięśni. W takim razie zmysł mięśniowy, podobnie jak inne zmysły, przedstawiałby nam czynność, nabytą drogą doświadczenia i wykształcenia

podezas rozwoju ustroju; dopóki czynność tych narządów nie zostanie wykształconą, dopóty ruchy nie są prawidłowe, jak to widzimy u dzieci.

Być może, że w części wrażeniom tym towarzyszą także czucia odbierane przez nerwy skórne, gdyż z każdym skurczem mięśni zmienia się także kształt danej części ciała, co oczywiście musi pociągać za sobą zmiany w ugrupowaniu elementów nerwowych, które wskutek tego mogą być podrażnione. W każdym razie czucie mięśniowe należy do bardzo niedokładnych, wymaga bardzo wielkiego ćwiczenia i wprawy i tylko wtedy może dochodzić do pewnej dokładności, jak to widzimy u gimnastyków. Podczas naszych zwykłych ruchów nie kierujemy się z reguły czuciem mięśniowym, lub tylko w części; przeważnie o położeniu części naszego ciała, lub o stopniu skurczu, w którym pewien mięsień pozostaje, lub do którego ma być doprowadzony, sądzymy na podstawie czuć odbieranych z innych zmysłów, a głównie wzroku i dotyku.

Jako dowód tej niedokładności można przytoczyć fakt następujący: Jeżeli zamkniemy oczy i wyciągniemy jedną rękę przed siebie, a drugą będziemy się starali odrazu dotknąć pewnego, z góry oznaczonego miejsca, na przykład na dłoni lub przedramieniu, to zwykle ruchu naszego nie możemy tak przystosować, aby dotknięcie nastąpiło odrazu, i tylko po pewnym czasie za pomocą dotykania zadanie to spełniamy. Tu więc dotyk służy jako czynnik regulujący stopień skurczu naszych mięśni.

Drugi przykład może być następujący: jeżeli w absolutnej ciemności rzucimy tlejącą zapalkę na ziemię i będziemy się starali ręką lub nogą ją zagasić w chwili, gdy świeci zaledwo iskierka, to zwykle odrazu nie możemy trafić i musimy kilkakrotnie próbować, macając w okolicy tego światelka, i wzrokiem i dotykiem kontrolować zamierzony ruch. Fakta te przemawiają właśnie za tem, że z jednej strony czucie mięśniowe nie należy do dokładnych, a z drugiej, że za pomocą impulsów odśrodkowych nie możemy wymierzać i kontrolować naszych ruchów bez impulsów dośrodkowych.

VI. Czucia wewnętrzne. Czucia wewnętrzne różnią się od poprzednio wymienionych tem, że nie mają właściwie określonego charakteru: nie dają się określić jakościowo. Oprócz tego, że względu na lokalizacyą, czucia te należą do bardzo niedokładnych i świadczą nam tylko ogólnie o pewnych zmianach w czynności naszych narządów. Czucia te są bardzo różnorodne, gdyż w rzeczywistości każdej czynności naszego ustroju towarzyszą pewne impulsy dośrodkowe, które w sferze świadomości wywołują mniej lub więcej wyraźne czucie tej czynności. Przeważną część jednakże czynności ustroju, o ile się odbywa w ramach zwykłych, pra-

widłowych, jakkolwiek niewątpliwie budzi impulsy dośrodkowe, to jednak tak słabe, że one w świadomości naszej nie pozostawiają żadnych śladów. Tak na przykład zwykła czynność serca w spokoju u osób zdrowych, dalej cała czynność przewodu pokarmowego, nerwowego, i t. p., odbywają się nie dając o sobie żadnych znaków w naszej świadomości. Z chwilą, jak pewna czynność staje się więcej lub mniej energiczną, niż w warunkach prawidłowych, budzi ona zarazem pewne uczucia, które albo same przez się stają się uciążliwe i bardzo przykre, niekiedy połączone z bólem, albo wskutek zmian wywołanych w ustroju, powodują zaburzenia, które odczuwamy w postaci pewnych charakterystycznych czuć. Tak na przykład nie odczuwamy ruchów oddechowych, lecz z chwilą, kiedy zatrzymany oddech, odbieramy bardzo przykre wrażenie, odbijające się w naszej świadomości w postaci potrzeby oddychania, która z każdą chwilą staje się silniejszą, aż w końcu nie możemy jej pokonać i musimy rozpocząć oddechanie; — oprócz poczucia tej potrzeby oddechania, uczuamy pewne ściśnienie, niedogodność jakąś w całej klatce piersiowej, szczególne uczucia w okolicy przepony, które chociaż nie bolesne, to jednakże są bardzo przykre i trudne do zniesienia.

Do tej samej kategorii wypada zaliczyć poczucie głodu, pragnienia, lub senność; są to wszystko uczucia, które możemy nazwać *czuciami potrzeb ustroju*. Uczucia, które otrzymujemy przy zmianie w czynności serca, a które do naszej świadomości dochodzą jako uczucia bicia serca, lub jako ściskanie, niekiedy nawet jako ból w okolicy serca, — podobne uczucia w okolicy żołądka, uczucia mięśniowe, występujące raz w postaci czuć pewnego zadowolenia z ruchów i potrzeby ruchów, gdy na przykład przez czas długi pozostawaliśmy bez ruchów, drugi raz w postaci bólów, gdy występuje znużenie, uczucia poprzedzające i towarzyszące aktowi płciowemu, stanowią drugą kategorią czuć wewnętrznych, które możemy nazwać *czuciami czynności wewnętrznych*. W końcu, z rozmaitych narządów naszego ciała, wskutek zmian w pobudliwości nerwów w tych narządach, lub silniejszych podniet, które na nie działają, możemy otrzymać uczucia bólu i to nawet z takich narządów, które same przez się w stanie prawidłowym nigdy bólu nie wywołują; są to uczucia trzeciej kategorii.

Ze wszystkich tych kategorii czuć zasługuje na szczególną uwagę tylko uczucie bólu. Z czuciem tem spotkaliśmy się już przy omawianiu uczucia ucisku i temperatury. Rzeczywiście w tych narządach, którymi odbieramy wrażenia dotyku i temperatury, ból występuje najłatwiej i najwybitniej, lecz możemy go wywołać również w takich narządach, które

w stanie prawidłowym nigdy bólu nie dają, jak na przykład w mięśniach, kościach i trzewach.

Co do wytłumaczenia, w jaki sposób powstaje ból i jaki jest mechanizm tego aktu fizyologicznego, istnieją dwa wręcz przeciwne zapatrywania. Podług jednych każde silniejsze podrażnienie nerwów dośrodkowych, może wywołać ból. Zwolennicy tego zapatrywania nie tylko w ten sposób tłumaczą ból, otrzymywany z powierzchni czuciowej ciała, w której są zlokalizowane zakończenia nerwowe, lecz także i te bóle, które czujemy na przykład w okolicy czołowej wskutek znużenia oka. Zapatrywania tej części autorów, można określić jednym zdaniem: *Wszystkie części ciała, zaopatrzone w nerwy, mogą być źródłem bólu*. Podług innych istnieją właściwe nerwy, a być może właściwe zakończenia nerwowe, które przy pewnej sile podrażnienia wywołują uczucie bólu. Dlatego też ani długotrwały dźwięk, ani substancje wonne, lub smakowe, chociażby najsilniej wywoływały odpowiednie uczucia, nie powodują bólu, ponieważ najsilniejsze nawet podrażnienie nerwów zmysłowych, nie podrażnia nerwów bólu. Ból jest zupełnie odrębnym uczuciem, które powstaje jako czynność właściwych nerwów i tylko niekiedy towarzyszy innym uczuciom, wywołanym w tym samym czasie. Za tą hipotezą mają przedewszystkiem przemawiać badania anatomo-patologiczne układu nerwowego i objawy patologiczne.

Wiadomo z fizjologii rdzenia pacierzowego, że drogi dla czuć dotykowych przebiegają przeważnie, jeżeli nie wyłącznie przez tylne sznury i wobec dokładnej lokalizacji, z jaką odnosimy je na powierzchnię czuciową, muszą być w wysokim stopniu izolowane; drogi zaś dla uczucia bólu podług dawniejszych doświadczeń Schiffa, przebiegają przeważnie przez substancję szarą, albowiem po przecięciu wszystkich sznurów białych, ból może być wywołany nawet wtedy, gdy tylko bardzo mały mostek łączy górną i dolną część rdzenia.

Jakkolwiek spostrzeżenia Schiffa nie zupełnie zostały potwierdzone spostrzeżeniami Woroszyłowa, to jednakże za odrębnością dróg dla uczucia bólu przemawia niewątpliwie fakt znany z patologii, że bywają przypadki, w których, przy zupełnej analgezji skóry, zostaje zachowane w stanie prawidłowym uczucie dotyku i temperatury.

ROZDZIAŁ XI.

Szczegółowa fizjologia układu nerwowego centralnego.

Uwagi ogólne.

W rozdziale IV omówiliśmy w ogólnych zarysach czynności układu nerwowego. Obecnie obznajomiwszy się z narządami zmysłowymi i z najważniejszą częścią innych funkcji ustroju ludzkiego, musimy jeszcze raz się zastanowić nad fizjologią układu nerwowego centralnego i omówić bardziej szczegółowo te czynności jego, które z natury swojej należą do fizjologii, gdyż tylko teraz będziemy w stanie je zrozumieć i odpowiednio ocenić.

W wymienionym rozdziale wspomnieliśmy również w ogólnych zarysach o budowie centralnego układu nerwowego. Jakkolwiek pozostaje jeszcze dużo szczegółów w kwestji budowy układu nerwowego zupełnie niewyjaśnionych, to jednakże badania histologiczne ostatnich lat, szczególnie dokonane za pomocą metody Golgiego, przez samego autora, oraz Ramona y Kajala, Köllikera, Apothyego, Bethego i wielu innych, rzucają pewne nowe światło. Badania te dla wyjaśnienia funkcji układu nerwowego, przewodzenia w nim i ugrupowania rozmaitych elementów, niewątpliwie w przyszłości okażą się bardzo doniosłymi. Już z dawniejszych badań było wiadomo, że włókna nerwowe pozostają w związku z komórkami nerwowymi, że więc komórka i włókno stanowią jedną całość, w której włókno nerwowe, jest tylko jakby jedną z wypustek komórki; lecz badania te zupełnie nie wykazywały nam, jaki stosunek zachodzi pomiędzy pojedynczymi ogniwami, jeżeli za takie ogniwo uważać będziemy komórkę z jej nerwem. Ze względu na przewodzenie w rdzeniu kręgowym i mózgu, przypuszczano ogólnie, że tak zwane protoplazmatyczne wypustki komórek, muszą pozostawać z sobą w połączeniu. Badania Golgiego i Ra-

mona y Kajala wskazują, że to przypuszczenie było nie uzasadnione. Autorowie ci stwierdzili, że za jednostkę w układzie nerwowym centralnym, potrzeba uważać komórkę wraz z jej wypustkami i taką jednostkę nazwano *neuronem*; przeważna część tych neuronów, gdziekolwiek je weźmiemy, w mózgu, rdzeniu lub zwojach obwodowych, posiada jedną wypustkę, która odchodzi na mniejszą lub większą odległość i dopiero tu rozdziela się na szereg drobnych gałązek, które nazwano rozgałęzieniami drzewkowatymi, i na szereg innych wypustek, które bezpośrednio lub w małym oddaleniu od komórki rozgałęziają się także na wypustki drzewkowate. Są jednakże i takie, które posiadają tylko dwie lub kilka wypustek, odchodzących na znaczną przestrzeń i tam się rozgałęziających, sama zaś komórka w otoczeniu swoim żadnych rozgałęzień nie ma, jak to ma miejsce na przykład w zwojach międzykręgowych. Lecz stosunek między tymi neuronami i ich wypustkami jest tego rodzaju, że nawet najdrobniejsze rozgałęzienia nie łączą się z sobą; każdy więc neuron pozostaje samodzielnym i samoistnym, tworząc tylko rozgałęzienia bądź wypustek długich, które będziemy nazywali nerwami, bądź bezpośrednie rozgałęzienia drzewkowate komórek. Jedne i drugie rozgałęzienia zbliżają się do siebie i tworzą niekiedy sploty, przylegające do siebie bardzo ściśle; w ten sposób jeden neuron może przylegać do drugiego, drugi za pomocą swojej wypustki nerwowej do trzeciego i t. d.; nawet w rozłożeniu neuronów, udało się wykazać pewną prawidłowość przynajmniej neuronów, z których pochodzą nerwy obwodowe i neuronów rdzenia pacierzowego. Weźmy pod uwagę zakończenia czuciowej powierzchni, na przykład skóry; zakończenia te są właściwie rozgałęzieniami drzewkowatymi, mniej lub więcej skomplikowanymi, wypustek nerwowych, komórek zwojów międzykręgowych; druga wypustka każdej z tych komórek przebiega do rdzenia i tu dzieli się na dwie gałązki, wstępującą i zstępującą, od których odchodzą tak zwane gałązki boczne, kollateralne, które w rozmaitych miejscach rdzenia przedstawiają także drzewkowate rozgałęzienia. Rozgałęzienia te stykają się z rozgałęzieniami leżących tu komórek i w ten sposób impuls nerwowy, który z obwodu przebiega przez nerwy do komórek zwoju międzykręgowego, udziela się drzewkowatym rozgałęzieniom komórek rdzenia i za ich pośrednictwem, może się przenosić do wyższych lub niższych części układu nerwowego centralnego, bądź do środkowych części mózgu, bądź nawet do samej kory mózgowej. Z kolei z komórek mózgu impuls nerwowy może przebiegać w odwrotnym kierunku do komórek rdzenia pacierzowego, leżących przeważnie w rogach przednich, a stąd, za pomocą wypustek nerwowych,

na rozgałęzienia drzewkowate, naprzykład w mięśniach; w tych drogach dośrodkowych i odśrodkowych możemy uszeregować neurony w pewnym porządku, rozróżniając między nimi pierwszo, drugo, trzeciorzędne i t. d. Badania Apotheygo i Bethego przemawiają przeciw słuszności teorii neuronów a raczej za teorią dawniejszą, która przyjmowała nieprzerwalną łączność elementów nerwowych ze sobą. Ażeby na tej lub innej podstawie oprzeć znajomość funkcyi rdzenia i mózgu, potrzebaby cały szereg badań dotychczasowych, bardzo obfity, jeszcze raz przerobić i skontrolować, o ile fakta spostrzegane dotychczas będą się zgadzały z tą lub inną podstawą anatomiczną. Oczywiście do takiej pracy potrzeba znowu całego szeregu lat i dlatego na wstępie wypada mi zaznaczyć, że przytoczone niżej spostrzeżenia może nie zawsze będą bądź z jedną, bądź z drugą teorią anatomiczną w zgodzie. Niezgodność ta może być wynikiem z jednej strony nie zawsze ścisłej obserwacyi w badaniach fizyologicznych, która jest łatwo zrozumiała, ze względu na to, że zjawiska tu zachodzące są w wysokim stopniu skomplikowane, z drugiej strony, pomimo tych nowych zdobyczy, bądźcobądź jeszcze niedostateczna znajomość anatomicznej budowy mózgu i rdzenia. Z tych powodów, w rozdziale niniejszym ograniczę się tylko do najważniejszych i najlepiej zbადანých faktów, które najbardziej zgadzają się z anatomiczną podstawą nowszych badań histologicznych. Do tej kategorii przedewszystkiem wypada zaliczyć mechanizmy nerwowe, pośredniczące pomiędzy czuciową powierzchnią (przeważnie skórą), a mięśniami.

KLASYFIKACYA CZYNNOŚCI UKŁADU NERWOWEGO CENTRALNEGO.

Z ogólnej fizyologii nerwów wiemy, że wskutek podrażnienia powierzchni czuciowej, impulsy, przechodzące przez układ środkowy, mogą w trojaki sposób ujawniać się na zewnątrz: 1) w postaci zwykłych odruchów: skurcze pojedynczych mięśni, lub skurcze mięśni skojarzone, odruchy uporządkowane; 2) w postaci ruchów skomplikowanych, mających określony przebieg, jak: lokomocya, połykanie, oddechanie, wymioty i niektóre inne; 3) w postaci czynności psychomotorycznych, które powstają nie wskutek wrażeń prostych, lecz wskutek złożonych aktów psychicznych. Z tych prostych doświadczeń, które w rozdziale IV przytoczyliśmy, polegających na przecinaniu osi mózgowo-rdzeniowej na rozmaitej wysokości u rozmaitych zwierząt, mogliśmy się przekonać, że te trzy kategorie ruchów, z których wszystkie mogą być wywołane przez podrażnienie jednej i tej samej powierzchni czuciowej, naprzykład jednego

i tego samego punktu skóry, powstają za pośrednictwem osobnych części tej osi; tak na przykład odruchy proste mogliśmy wywołać u zwierząt, pozbawionych mózgu i rdzenia przedłużonego, ruchy skomplikowane, jak na przykład chód, skrzeczenie, połykanie i t. p. występowały tylko wtedy, gdy rdzeń przedłużony, a dla niektórych zwierząt mózdzek i *corpora bigemina*, są nieuszkodzone i pozostają w połączeniu z rdzeniem, w końcu trzecią kategorię ruchów mogliśmy obserwować tylko u zwierząt z układem nerwowym w całości nieuszkodzonym, normalnym.

I. Odruchy rdzenia pacierzowego.

Ogólne cechy odruchów rdzenia, sposoby ich badania, a nawet przebieg co do czasu, podaliśmy w rozdziale czwartym. Widzieliśmy tam, że są to czynności ustroju, występujące zawsze z mechaniczną koniecznością wskutek podrażnienia powierzchni czuciowej. Nie każde jednakże podrażnienie może je wywołać. Jeżeli na przykład mamy żabę z przeciętym rdzeniem pacierzowym poniżej rdzenia przedłużonego i będziemy lekko dotykali palcem łapki tylnej lub przedniej, lub nawet ją głaskali, to zwykle takie podrażnienie odruchu nie wywołuje. Natomiast odruch powstaje zawsze wskutek mniejszego lub większego ucisku, chociażby jednego tylko paluszka; również prawie zawsze wywołuje je podrażnienie chemiczne, na przykład roztwór kwasów, zasad, a nawet więcej zgęszczony roztwór soli. Wogóle zdaje się, że można wypowiedzieć zdanie, iż odruchy występują zawsze, jeżeli na powierzchnię czuciową działa podnieta, która w warunkach prawidłowych u zwierząt zdrowych musiałaby wywołać ból. Zdanie to jednakże dotyczy tylko odruchów rdzenia pacierzowego. Za tem przemawia także i sam charakter odruchów, są to bowiem zwykłe ruchy, które służą do usunięcia podrażnionego miejsca z pod działania podniety, albo do usunięcia samej podniety od powierzchni czuciowej. Dzięki tej okoliczności, przeważna część odruchów nosi charakter pewnej celowości i na pierwsze wejrzenie robi wrażenie jakby ruchu racjonalnego, obmyślanego. U niektórych zwierząt jednakże można i z rdzenia wywołać odruchy skojarzone, wskutek podrażnień, które nie mogą być bolesne z natury rzeczy; tak na przykład, jeżeli żabę, z przeciętym rdzeniem, kilkakrotnie przeciągniemy po stole, obficie zwilżonym wodą, to bardzo często można zauważyć, że żaba na przemian kureczy to jedną, to drugą tylną łapkę, jak to zwykła czynić podczas powolnego pełzania. To samo można obserwować u kaczki

z przeciętym rdzeniem szyjnym na wysokości IV kręgu; jeżeli tak zoperowaną kaczkę wsadzimy do wody, (oczywiście podtrzymując sztuczne oddechanie) to ona pływa, przebijając nogami zupełnie tak, jak to czyni zdrowa; jeżeli ją rzucimy w powietrze, porusza skrzydłami tak, iż nawet jakiś czas może się utrzymać w powietrzu, jak to czyni ptak podczas lotu; dotykając lekko ogona, można wywołać ruchy sterowe i t. p. Wprawdzie u wyższych zwierząt ruchów skojarzonych nie obserwowano, jednakże obecność ich u ptaków i niższych zwierząt przemawia za tem, że w rdzeniu pacierzowym, oprócz ośrodków dla zwykłych najprostszych ruchów kończyn, są i takie, które pozwalają na pewne powiązanie tych ruchów w ruchy lokomocyi. Brak podobnych objawów po przecięciu rdzenia u wyższych zwierząt, naprzykład u ssawców, może zależeć od wpływu samego aktu przecięcia rdzenia, który jest niewątpliwie bardzo silnem podrażnieniem i wstrząśnieniem wszystkich grup nerwowych; tem też możemy sobie wytłomaczyć ten fakt, że nawet zwykłe odruchy nie zawsze można u tych zwierząt obserwować i że potrzeba dłuższego czasu, aż przeminie wpływ ogólnego wstrząśnienia nerwowego. Dziś naprzykład wiemy, że brak odruchów po przecięciu rdzenia u psa, lub królika, nie pochodzi stąd, że w rdzeniu pacierzowym tych zwierząt niema ośrodków odruchowych, ponieważ u tych samych zwierząt, jeżeli je zachowamy przy życiu przez czas dłuższy, tygodnie i miesiące po operacji, odruchy stopniowo występują, a jeżeli operację wykonywamy na młodych osobnikach, to mogą z czasem być nawet bardzo dokładne. Pierwszy Goltz przeprowadził podobne doświadczenia i wykazał, że jeżeli u szczenięcia przetniemy rdzeń pacierzowy, przy zachowaniu wszelkich zasad aseptyki, wskazanych w chirurgii, i zwierzę to będziemy hodowali, z czasem nietylko wystąpią odruchy, podobnie jak u żaby, wskutek szczypiania lub ucisku łapki, lecz nawet, jeżeli zwierzę podniesiemy za przednie łapy i trzymamy je pionowo, można niekiedy obserwować pewne ruchy łap tylnych, podobne do objawów lokomocyjnych, ruchy te bowiem odbywają się naprzemian to jedną, to drugą łapą. Zniesienie więc odruchów bezpośrednio po przecięciu rdzenia, jest jakby następstwem zahamowania ośrodków odruchowych, przytłumienia ich pobudliwości, które też może być przyczyną i tego, że u zwierząt wyższych tylko tak słabe objawy lokomocyi występują z rdzenia pacierzowego.

W fizjologii ogólnej układu nerwowego wskazaliśmy również, że rozchodzenie się ruchu nerwowego z powierzchni czuciowej przez włókna dośrodkowe w rdzeniu przedstawia pewną prawidłowość; mianowicie można rdzeń pokrajać na kawałki i byle tylko zachować nerwy dośrod-

kowe i odśrodkowe, dochodzące do odpowiednich kawałków, to za pomocą drażnienia można wywołać z każdego kawałka ruch mięśni z nim połączonych. Fakt ten można bardzo łatwo obserwować u żaby, przecinając rdzeń nad i poniżej zgrubienia szyjnego; wtedy drażnienie łapki przedniej, może wywołać skurcz łapki po tej samej stronie, a nawet po stronie przeciwnej. Jeszcze lepiej można te doświadczenia wykonać na węzłach, lub wogóle u płazów, u których podrażnienie skóry, odpowiadającej pod względem unerwienia przeciętej części rdzenia, wywołuje zawsze skurcz mięśni, leżących w okolicy podrażnionej. Z doświadczeń tych tedy można stanowczo wywnioskować, że nerwy dośrodkowe i odśrodkowe w rdzeniu, komunikują z sobą w tych samych wysokościach, na których wchodzi do rdzenia, czyli, że cały rdzeń pacierzowy przedstawia warstwowe ułożenie elementów nerwowych, wraz z odchodzącymi od nich nerwami.

Możemy również przeciąć rdzeń wzdłuż na dwie części, prawą i lewą. W takim razie doświadczenia pouczają nas, że skutek drażnienia powierzchni czuciowej można wywołać skurcze mięśni, a więc odruchy, nie tylko w tej okolicy, gdzie drażnimy powierzchnię czuciową, lecz także powyżej i poniżej tego miejsca, zależnie od siły podniety. A więc prócz połączeń poprzecznych w płaszczyźnie poziomej muszą po każdej stronie istnieć także połączenia w kierunku pionowym, czyli wzdłuż całego rdzenia pacierzowego.

Stosunek powierzchni czuciowej do narządów odruchowych, jest wogóle bardzo prosty. Już wyżej wspomnieliśmy, że drażniąc skórę węzłów, pociętych na kawałki, lub żaby, z rdzeniem przeciętym nad i poniżej zgrubienia szyjnego, otrzymujemy przede wszystkim skurcze po tej samej stronie w mięśniach, leżących pod drażnionem miejscem skóry, lub w kończynie tej samej strony. Tylko silniejsze podrażnienia przenoszą się na stronę przeciwną. Stosunek ten wogóle znajdujemy w całym ustroju i prawie we wszystkich mechanizmach odruchowych. Każdemu wiadomo, że jeżeli zbliżymy palec do oka, to się zamykają powieki; u niektórych zwierząt dotknięcie ucha wywołuje wstrząśnienie lub ruch tego ucha; ściskanie ogona ptaków — ruchy sterowe; u niektórych zwierząt występują skurcze mięśni skórnych, na przykład u konia, wskutek drażnienia skóry nad tem miejscem i t. p. Ten fakt fizyologiczny, że w mechanizmach odruchowych dośrodkowe i odśrodkowe impulsy przebiegają równolegle, stwierdził anatomicznie Krause; przecinając odpowiednie korzonki przednie i tylne zauważył, że zwyrodnienie przebiega w kierunku zupełnie równoległym; jeżeli na przykład po przecięciu pewnego

korzonka czuciowego w okolicy szyi, znikało czucie w pewnej części łapy przedniej zwierzęcia, to przecięcie odpowiedniego korzonka ruchowego, wykazywało zwyrodnienie nerwów, przebiegających do mięśni, które tą częścią poruszały. Najślabsze więc podrażnienie punktu czuciowej powierzchni, które może dać odruch, daje go przedewszystkiem w mięśniach, które najbardziej są zbliżone do miejsca podrażnionego, lecz ze względu na wspomniane połączenia, podrażnienie tego samego punktu, zależnie od siły podniety, może dać cały szereg innych ruchów, które powstają wskutek rozchodzenia się impulsu nerwowego, nasamprzód po tej samej stronie w górę i na dół, a następnie w stronę przeciwną, również w górę i na dół. Impulsy więc nerwowe, dochodzące do rdzenia za pośrednictwem jednego lub kilku włókien, zależnie od swego natężenia, mogą po drogach odśrodkowych rozejść się na całą masę włókien i pobudzić cały szereg mięśni do skurczu.

Jeżelibyśmy dokładnie oznaczyli siłę skurczu każdego mięśnia i chwilę, kiedy skurcz następuje, to moglibyśmy stwierdzić, że i w pierwszym i w drugim względzie zachodzą znaczne różnice, słowem, że rozmaite mięśnie przytem kurczą się z rozmaitem natężeniem i że niezawsze współcześnie, lecz przedstawiają pewną kolejność. Okoliczność ta, że nawet z jednego włókna dośrodkowego, które zostaje wprawione w stan czynny, wskutek podrażnienia tego samego punktu powierzchni czuciowej, stan czynny rozchodzi się na całą masę włókien odśrodkowych, przemawia za tem, że drogi i połączenia, za pomocą których stan czynny się rozchodzi na ten cały obszar włókien odśrodkowych, muszą leżeć w samym rdzeniu. Otóż ten fakt fizyologiczny potwierdzają spostrzeżenia anatomiczne, każde bowiem włókno dośrodkowe, jak wspomnieliśmy, po wejściu do rdzenia, dzieli się na ramię wstępujące i zstępujące, które dają gałązki, kończące się drzewkowatemi rozgałęzieniami w szarej substancji rdzenia, wśród drzewkowatych rozgałęzień neuronów samego rdzenia, które z kolei, jak widzieliśmy, w podobnym że stosunku zostają do siebie. Lecz doświadczenia fizyologiczne przemawiają za tem, że komunikacye te, prowadzące od każdego włókna dośrodkowego do rdzenia, nie wszystkie są jednakowe, że jedne są ściślejsze i dlatego po nich łatwiej przebiega stan czynny, niż po innych. Pod tym względem można te połączenia uszeregować w następującym porządku: Najłatwiej przechodzi stan czynny na drogi odśrodkowe po tej samej stronie, w tej samej wysokości rdzenia, następnie łatwiej przebiega po tej samej stronie w górę i na dół, już nieco trudniej w tym samym poziomie na stronę przeciwną, a najtrudniej, ponieważ wymaga najsilniejszych podrażnień, roz-

chodzi się wzdłuż rdzenia po stronie przeciwnej. Ten sposób rozchodzenia się stanu czynnego w rdzeniu przemawia za tem, że w drogach tych napotyka stan czynny na jakiś opór, który musi pokonać, i że opór ten jest do pewnego stopnia zależny od długości przebieganej drogi. Jaki jest przebieg rzeczywisty tych dróg, oczywiście na podstawie dotychczasowych badań anatomicznych i fizyologicznych, orzec niepodobna, jednakże można z pewnością twierdzić, że nie jest on prostolinijny, że w niektórych razach drogi te zataczają łuki i pętle, nieraz się krzyżują. Jakkolwiek kwestya ta ma pierwszorzędne znaczenie dla patologii rdzenia pancerzowego, to jednakże dokładniejsze badania w tym względzie, posiadamy tylko nad żabą.

Fizyologiczna metoda badania przebiegu dróg odruchowych w rdzeniu, polega na częściowem przecięciu rdzenia, lub wycinaniu jego kawałków: Otóż w ten sposób stwierdzono (Sieczenow) następujące fakta:

1) U żaby z rdzeniem przeciętym pod rdzeniem przedłużonym, przecięcie sznurów przednich i częściowe bocznych między III a IV kręgiem nie zmienia odruchów skóry z łapki przedniej na mięśnie tylnej (zginacze), a jeżeli u takiej samej żaby przetniemy rdzeń między IV a V kręgiem, to odruchy nie powstają.

2) Odruchy ze skóry łapki tylnej na mięśnie przedniej odwrotnie znikają, jeżeli przetniemy rdzeń pomiędzy III i IV kręgiem, a występują, jeżeli cięcie leży między IV a V kręgiem.

3) Jeżeli przetniemy rdzeń żaby nie tuż pod rdzeniem przedłużonym, lecz niżej, bezpośrednio nad miejscem odejścia splotu barkowego, to przecięcie tych samych sznurów przednich i bocznych w tem samym miejscu co pod 1) i 2) znosi odruchy z łapek przednich na tylne i także odwrotnie z tylnych na przednie.

4) U żaby z rdzeniem przeciętym pod rdzeniem przedłużonym przecięcie tylnych sznurów tak między III a IV, jak między IV a V kręgiem, nie znosi odruchów z łapki przedniej na tylną, ani z tylnej na przednią, nie znosi ich nawet wycięcie sznurów tylnych i części bocznych na wysokości IV kręgu; odruchy te jednak nie występują, jeżeli przetniemy rdzeń ponad splotem barkowym.

5) U żaby z rdzeniem przeciętym poniżej rdzenia przedłużonego pod komorą czwartą przecięcie połowiczne rdzenia, na wysokości IV kręgu, również nie znosi odruchu z łapki przedniej na tylną, jakkolwiek odruch ten staje się bardzo powolnym i utrudnionym.

Z doświadczeń tych stanowczo okazuje się, że połączenia w rdzeniu, w kierunku pionowym, są o wiele więcej skomplikowane, niżby na

podstawie anatomicznych badań wnosić było można. Z doświadczenia 1) i 3), jako też z 5) widzimy, że drogi te przynajmniej u żaby muszą zataczać pętle w górnej części aż ponad splot barkowy, skoro przecięcie tej okolicy znosi odruchy. Nadto, za pomocą podobnych doświadczeń, można stwierdzić, że połączenia te wogóle są tem łatwiejsze, im większa część rdzenia znajduje się pomiędzy przecięciami: tak robiąc podwójne boczne przecięcia, z początku w znacznych odstępach, możemy odruchy z łapki przedniej na tylną wywołać; lecz zbliżając przecięcia coraz bardziej, możemy zauważyć, że nie tylko odruchy z łapki tylnej na przednią znikają, lecz nawet u żaby, bez zupełnego przecięcia rdzenia, możemy zniszczyć wszelkie czucie w łapce tylnej.

Znane nam już z ogólnej fizjologii układu nerwowego prawo odruchów Pflügera ma zastosowanie nie tylko ze względu na rozchodzenie się ruchu nerwowego w rdzeniu, lecz także na czas, w którym odruchy powstają. I rzeczywiście, jeżeli sumarycznie oznaczymy czas trwania odruchów, to przy danem podrażnieniu będzie on najkrótszy dla dróg, przebiegających po tej samej stronie i na tej samej wysokości, dłuższy dla dróg wyższych i niższych od tego poziomu, jeszcze dłuższy, jeżeli stan czynny przebiega symetrycznie na stronę przeciwną, a najdłuższy przy skrzyżowaniu, na przykład z łapki tylnej lewej na przednią prawą. Ten sposób rozchodzenia się przemawia niewątpliwie za istnieniem w drogach, przewodzących stan czynny, pewnego oporu, który oczywiście bywa tem większy, im droga jest dłuższa; być może, że właśnie dzięki niejednakowym oporom tych dróg, ośrodki łączą się pomiędzy sobą w grupy, których czynność, co do charakteru, jest jednakowa (na przykład ośrodki dla mięśni zginaczy lub wyprostnych), a co do czasu współczesna; byłyby to więc grupy, w których przebiegają drogi, przedstawiające jednakowe opory. Grupy te z kolei łączą się w serye, których czynność także być może, dzięki tym oporom, jest następczą (grupy dla zginaczy i wyprostnych).

Wszystko to, cośmy dotychczas mówili, dotyczy mechanizmów odruchowych w samym rdzeniu pacierzowym, po oddzieleniu go od wyższych części osi mózgowo-rdzeniowej. Czynność tych mechanizmów przebiega jednak nieco inaczej. jeżeli rdzeń jest w połączeniu z mózgiem i pod tym względem dla żaby można podać następujące fakta. (W tym przypadku oczywiście głównie trzeba zwrócić uwagę na objawy czucia i ruchy dowolne).

1) Przecięcie rdzenia boczne utrudnia ruchy po tej samej stronie i to dla tylnych kończyn tem więcej, im więcej ku tyłowi sięga przecię-

cie. 2) Przecięcie przedniej połowy rdzenia między III a IV kręgiem wywołuje porażenie tylnych kończyn, które jednakże po kilku godzinach znika. 3) Przecięcie rdzenia między IV a V kręgiem wywołuje porażenie stałe; przecięcie tylnych sznurów na wysokości IV kręgu, nie pociąga za sobą żadnych zmian w ruchach, to samo przecięcie nie niszczy odruchów z łapki przedniej na tylną.

Oprócz przytoczonych doświadczeń na żabach, istnieją także całe szeregi spostrzeżeń na zwierzętach ciepłokrwistych i po części obserwacye neuropatologów nad człowiekiem; jednakże wszystkim tym badaniom brakuje pewnej dokładności i ścisłości, tak, iż sprzeczności, które w nich istnieją, niezupełnie mogą być wytłomaczone, i z tego też powodu na doświadczenia te w tem miejscu się nie powołuję, tem bardziej, że przynajmniej o doświadczeniach fizyologicznych dotychczasowych można powiedzieć, iż wyniki obserwacyi były zależne nie tylko od przerwy dróg wskutek przecięcia rdzenia, lecz także i od wpływu aktu przecięcia na układ nerwowy, słowem były to objawy złożone, których badacze rozklasyfikować nie mogli. Do badań nad zwierzętami ciepłokrwistymi można by przywiązywać pewną wagę, gdyby one były przeprowadzone podług metody Goltza, t. j. gdyby robiono obserwacyę po upływie dłuższego czasu od operacyi przecięcia rdzenia; tymczasem takich doświadczeń jak na teraz nie wiele wskazać możemy.

Wszystko to, co dotychczas powiedzieliśmy o odruchach rdzenia, dotyczy jego w całości, t. j. białej i szarej substancji; pozostaje zatem jeszcze wyjaśnić, o ile w przewodzeniu odruchów bierze udział szara i o ile biała substancja. Że w każdym odruchu, tak najsłabszym, jak i najsilniejszym, biorą udział mechanizmy ośrodkowe, o tem, zdaje się, wątpić nie można. Przemawia za tem ta okoliczność, że prawie wszystkie odruchy można wywołać za pomocą sumowania słabych podniet; takie sumowanie w samych nerwach, o ile z dzisiejszych badań wynika, objawia się tylko w małym stopniu, podczas gdy w rdzeniu występuje ono bardzo wybitnie. Co zaś mamy rozumieć przez te mechanizmy ośrodkowe, czy samą komórkę z jej protoplazmą i jądrem, czy owe rozgałęzienia drzewkowate, tego już rozstrzygnąć nie można. Że przez substancją szarą, stan czynny nerwowy może się przenosić w kierunku poprzecznym, za tem przemawiają najprostsze odruchy, szczególnie odruchy z jednej płaszczyzny rdzenia. Pozostałoby więc tylko wyjaśnić, czy stan czynny nerwowy również może się rozchodzić po szarej substancji w kierunku podłużnym rdzenia; w tym względzie istnieją wprawdzie, nie zupełnie pewne, gdyż bardzo dawne doświadczenia Schiffa, w których autor

dokonywał obcięcia całej białej substancji w rdzeniu i obserwował zachowanie się zwierząt. Otóż u takich zwierząt zauważył on osłabienie czucia i utrudnienie ruchów dowolnych, które jednakże powstawały; — z tegooby wynikało, że szara substancja rdzenia przedstawia drogi oboczne dla stanów czynnych, lecz że w stanie prawidłowym drogi, po których się rozchodzą impulsy ruchów dowolnych i którymi powierzchnia czuciowa komunikuje z mózgiem, przebiegają głównie w substancji białej. W tem miejscu wypada mi zaznaczyć, że wahanie wsteczne przebiega przez rdzeń (Bernstein, Cybulski i Kirkor), tylko w kierunku normalnego rozchodzenia się stanu czynnego, t. j. z nerwów czuciowych na ruchowe, odwrotnie zaś stale się nie rozchodzi, jak to widzimy w nerwach, w tem mamy jeszcze jeden dowód, że stan czynny przechodzi w rdzeniu przez ośrodki i że przewodzenie przez ośrodki zasadniczo się różni od rozchodzenia się stanu czynnego w nerwach.

U człowieka jednakże drogi dośrodkowe przez szarą substancją są rozwinięte wybitniej. Istnieją dwa spostrzeżenia nad ludźmi, Müllera i Weissa, z których w pierwszym przecięta była lewa połowa rdzenia na wysokości III kręgu piersiowego i przecięcie to sięgało nawet nieco na stronę prawą. W drugim przypadku podobne przecięcie istniało między czaszką, a pierwszym kręgiem szyjnym. W obu przypadkach wystąpiły po stronie przecięcia tylko porażenia, podczas gdy czucie po tejże stronie było tylko nieznacznie upośledzone; porażenie mięśni w tych przypadkach było następstwem tego, że u człowieka impulsy dowolne przebiegają w rdzeniu wyłącznie sznurami piramidalnymi, które leżą w części (nieskrzyżowane w rdzeniu przedłużonym), w sznurach przednich, a głównie w sznurach bocznych.

Charakter skurczów odruchowych, który, jak wiadomo, jest zawsze mniej lub więcej długotrwałym tężcem, przemawia także za tem, że pierwotny stan czynny nerwowy ulega podczas przejścia przez rdzeń pewnej modyfikacji; jakkolwiek krótkotrwałe byłoby podrażnienie czuciowej powierzchni, odruch zawsze jest tężcem i to tężcem, który jak wiadomo, składa się w warunkach prawidłowych z 18 do 19 pojedynczych skurczów na sekundę. Charakter ten jeszcze bardziej się zmienia, zależnie od podniety; podnieta krótkotrwała wywołuje zwykle także i odruch krótkotrwały; jeżeli odruchy obserwujemy u zwierząt z przeciętym rdzeniem, to po chwilowym skurczu zwykle następuje spoczynek; jeżeli jednak podnieta jest długotrwała lub z natury ciągła, jak podnieta chemiczne i t. p., to skurcz przedstawia pewną okresowość. Tak na przykład, jeżeli zanurzymy łapkę żaby z przeciętym rdzeniem do słabego rozczynu kwasu

siarkowego, to po pewnym czasie żaba, kurcząc zginacze, podnosi łapkę do góry, następnie znowu ją opuszcza ku dołowi, po pewnym czasie znowu podnosi i t. d., który to ruch z czasem staje się szybszym i tylko z wystąpieniem znużenia ustępuje. Tę okresowość skurczów, przynajmniej do pewnego stopnia, można wytłomaczyć zapomocą znanej nam już zdolności sumowania się podnieć w ośrodkach nerwowych.

Celowość, której cechę noszą odruchy w przeważnej liczbie przypadków, dawała i do dziś dnia daje podstawę do rozmaitych przypuszczeń o istnieniu tak zwanej duszy rdzenia. Idzie tu właściwie o to, czy tym czynnościom ośrodków odruchowych towarzyszy pewna świadomość i zdolność wytwarzania sądów, czy też one w rzeczywistości są natury czysto mechanicznej. Celowość i racjonalność ruchów zwierzęcia, pozbawionego mózgu, w niektórych przypadkach nawet przystosowanie się do nowych okoliczności, jeszcze bynajmniej nie dowodzi żeby w czynnościach tych brała udział jakaś świadoma rozważa zwierzęcia; a ponieważ żadnych środków przekonania się o istnieniu świadomości nie mamy, więc sprawa ta nie może być rozstrzygniętą. Sądzę jednakże, że można bez szkody dla rzeczy przyjąć z Goltzem, iż czynności te są natury czysto mechanicznej. Za tem przemawia już sama prawidłowość i zależność od podnieć i prawie zawsze jednakowy charakter. Można więc przypuścić, że podczas życia prawidłowego, normalnego, jak wszystkie czynności ustroju, tak również i ruchy, zwierzę stara się wykonać z najmniejszą utratą energii i w ten sposób wykształca przeważnie pewne drogi, po których zwykle stan czynny nerwowy się rozchodzi. Otóż, jeżeli ten stan nerwowy zostaje wywołany u zwierzęcia z przeciętym rdzeniem, to z natury rzeczy najłatwiej się będzie rozchodził temi utorowanemi drogami i dlatego najpierwej i najłatwiej zostaną wprawione w stan czynny te mechanizmy nerwowo-mięśniowe, które podczas normalnego życia zwierzęcia najczęściej funkcyonowały. Stąd też, jakby wskutek świadomego rozważania zwierzę usuwa kończynę z pod działania podnieć, lub odpycha samą podnieć; na inne bowiem drogi stan czynny nerwowy, przy danem natężeniu, nie może się przedostać.

II. Odruchy złożone.

Odruchy złożone tem się tylko różnią od odruchów rdzenia, że nasamprzód są o wiele więcej skomplikowane, a następnie mogą być wywołane tylko za pośrednictwem wyższych części osi mózgowo-rdze-

niowej, mianowicie rdzenia przedłużonego, mostu, ciał prążkowanych, wzgórków wzrokowych, ciał czworaczych i mózdzku. Z odruchów, które wskutek udziału tych części występują, niewątpliwie najważniejsze miejsce zajmuje lokomocya, a jako najpierwszy i najprostszy objaw czynności tych wyższych ośrodków, możemy uważać utrzymanie prawidłowej równowagi ciała. Że półkole mózgowe nie grają głównej roli w utrzymaniu równowagi ciała i w akcie lokomocyi, okazuje się z tego, że u wielu zwierząt niższych: jak np. u żab, żółwi. a nawet u wyższych, jak np. u ptaków, można wyciąć do szczętu mózg, u żaby naprzykład odciąć go na granicy wzgórków wzrokowych, i pod względem lokomocyi u zwierząt w ten sposób operowanych nie zauważyć żadnych nieprawidłowości; co ważniejsza, u żaby można nawet cięcie poprowadzić pomiędzy mózdzkiem, a *corpora bigemina*, usunąć zupełnie górną część mostu, a pomimo to zwierzę nie tylko zachowuje równowagę, lecz samo pełza, pozornie bez żadnych przyczyn, wrzucone do wody, pływa i dopiero po pewnym czasie się uspakaja; jeżeli je w tym okresie uszczypnąć za łapkę, to się znowu zaczyna poruszać i często w żaden sposób niemożna go w spokoju utrzymać. Ruchy te są jednakże mniej dokładne, niż w stanie prawidłowym, a nawet aniżeli przy zachowaniu mózdzku, i mają charakter ruchów przymusowych. Wśród zwierząt ssących podobne doświadczenia udają się tylko na królikach, które też wykonywano oddawna i za pomocą których pierwszy Vulpian stwierdził, że, ażeby zwierzę mogło utrzymać równowagę, potrzeba cięcie prowadzić po tylnej granicy ciał czworaczych, tak, że do utrzymania równowagi niezbędna jest obecność mostu, mózdzku i rdzenia przedłużonego. U zwierząt innych jak: psy, małpy podobne doświadczenia się nie udają.

O ośrodkach, które temi czynnościami zawiadują, można powiedzieć:

1) że przechodzą w stan czynny, podobnie jak ośrodki odruchów prostych, wskutek podniety zewnętrznej, działającej na powierzchnię czuciową; 2) że mogą przechodzić w stan czynny samoistnie, bez żadnych zewnętrznych widocznych przyczyn i 3) że podnieta dla nich jest oprócz wpływów zewnętrznych, każde nienormalne położenie ciała i każdy stan nieprawidłowy jego równowagi. Tak naprzykład, jeżeli żabę, operowaną w powyższy sposób, ułożymy na grzbiecie, to od pierwszej chwili zaczyna się ona poruszać w jedną i drugą stronę, około podłużnej osi ciała, kierując wszystkie ruchy tak, ażeby przyjąć prawidłowe położenie ciała. Że przytem zwierzę nie ma świadomości, nie może się oryentować i z otrzymanych wrażeń nie wytwarza sądów, świadczy o tem wymownie obserwacya takich zwierząt: żaba, poruszająca się wskutek swoich

ruchów przymusowych i napotykaląca przeszkodę, bynajmniej nie stara się obejść tę przeszkodę, lecz przeciwnie ciągle utyka pyszczkiem o nią i to coraz silniej, a jeżeli ją omija, to tylko przypadkowo gdy skutek swoich skoków skieruje przednią część ciała w stronę wolną od przeszkody; podobne objawy można obserwować u ptaków, i u innych zwierząt.

Ponieważ cały narząd lokomocyjny można wprowadzić w stan czynny wskutek podrażnienia dowolnych punktów powierzchni czuciowej, więc wypada wnosić, że drogi dośrodkowe dla tego narządu, są te same, któreśmy już poznali w rdzeniu pacierzowym, czyli że w tych częściach mózgu schodzą się drogi od wszystkich punktów powierzchni czuciowej i z tych okolic podnieta może przejść na drogi odśrodkowe. Jeżeli jednakże uwzględnimy anatomiczną budowę rdzenia przedłużonego, to niepodobna przypuścić, aby przez ten odcinek osi mózgowo-rdzeniowej przebiegały wszystkie włókna dośrodkowe, gdyż w takim razie ta część powinna byłaby zawierać stosunkowo o wiele więcej włókien nerwowych, niż dolna część rdzenia, czego rzeczywiście nie stwierdzamy. Wypada więc przyjąć drugie przypuszczenie, że drogi dośrodkowe i odśrodkowe, podnosząc się w górę, zlewają się razem w nowe drogi, tworząc niejako główne szlaki, od których w rdzeniu odchodzą w rozmaitych wysokościach drobniejsze komunikacje. W jaki sposób to zlanie się odbywa, dotychczas ani na podstawie badań fizjologicznych ani histologicznych określić niepodobna; w każdym razie nie ulega wątpliwości fakt, że w górnych częściach mózgu pojedyncze ośrodki nerwowe odpowiadają całym grupom ośrodków rdzenia pacierzowego i na nie mają wpływ, i że zarówno ośrodki dla dróg czuciowych, przebiegających w *funiculus gracilis*, jak i dla dróg odśrodkowych, przebiegających w części w drogach piramidalnych, w moście i rdzeniu przedłużonym mamy daleko mniejszą ilość ośrodków, aniżeli ta, na którą one wpływają w rdzeniu pacierzowym. Przemawiają za tem szczególnie podrażnienia miejscowe rdzenia pacierzowego i rzeczonych części mózgu; jeżeli u żaby będziemy drażnili przekrój poprzeczny rdzenia pacierzowego, na przykład za pomocą soli kuchennej, to albo wcale nie otrzymujemy ruchów, albo tylko skurcze włókienkowe pewnych mięśni. Oczywiście, że tu podnieta, skutek małego rozchodzenia się w rdzeniu, działa tylko na powierzchowne warstwy i skutek tego ani w drodze odruchowej, ani skutek bezpośredniego działania na ośrodki, ruchów skojarzonych wywołać nie może nawet w tym przypadku, gdy drażnimy tylne korzonki. Zupełnie inny obraz dają te same podniety, jeżeli je stosujemy na przekrój poprzeczny

rdzenia przedłużonego, szczególnie w górnej części na przekrój włókien łączących go z mózdzkiem, lub na tylną część wzgórków wzrokowych; w takim razie podrażnienie rdzenia przedłużonego wywołuje zwykle tężec, drażnienie zaś innych części z początku zwiększenie lokomocyi, a w końcu tężec. Ta różnica w skutkach działania podniety, w jednym i drugim przypadku, świadczy o tem, że z rzeczonych części mózgu prowadzą drogi do wszystkich części ciała.

Część mechanizmów dla lokomocyi niewątpliwie znajduje się w rdzeniu przedłużonym. Przemawiają za tem doświadczenia Sirotinina: ukłucie cienką szpilką na całej powierzchni rdzenia pacierzowego wywołuje tylko pojedyncze skurcze i to najczęściej tylko pojedynczych mięśni, podczas gdy ukłucie w rdzeń przedłużony wywołuje ruchy całych kończyn i to niejednokrotne, lecz wielokrotne; przecięcie rdzenia pacierzowego boczne nie pociąga za sobą innych zmian, prócz chwilowego tężca w czasie operacyi, a następnie pewnych zmian w pobudliwości; podobne przecięcie rdzenia przedłużonego pociąga za sobą ruchy przymusowe i to tem silniejsze, im bliżej wzgórków bliźniaczych lub czworaczych leży przecięcie. Najcharakterystyczniej występuje ta różnica przy uszkodzeniach tak zwanych niesymetrycznych u zwierząt z prawidłowym mózgiem. Takie przecięcie rdzenia w części szyjnej, lub pomiędzy zgrubieniami w części piersiowej, byle nie w samym zgrubieniu, nie pociąga za sobą ani zmian w położeniu tułowia i kończyn, ani zmian w lokomocyi, prócz lekkiego opóźnienia ruchów po stronie uszkodzonej; podobne częściowe niesymetryczne nacięcie rdzenia przedłużonego pociąga za sobą cały szereg nieprawidłowości w położeniu tułowia i jego części, zgięcie głowy w stronę przecięcia, skrzywienie kręgosłupa, wskutek czego, wobec przymusowych ruchów, powstają tak zwane ruchy maneżowe. Podobne ruchy można obserwować także po przecięciu między mózdzkiem a wzgórkami wzrokowymi, jeżeli przekrój nie jest zupełnie poprzeczny. Otóż dla tych części musimy przyjąć, że ich przecięcie lub uszkodzenie nie jest momentem tylko chwilowo przerywającym łączność górnych części z dolnemi, lecz że zarazem jest źródłem ciągłego podniecenia z powierzchni rany i że te ruchy przymusowe, nieprawidłowe ułożenie kończyn i głowy, skrzywienie kręgosłupa, są następstwem czynnego stanu mięśni pewnych grup. Przemawia za tem drugi szereg doświadczeń, opartych na podrażnieniu tych części jednym ze wspomnianych wyżej sposobów; ukłucie w rdzeń pacierzowy i przedłużony, jak widzieliśmy wyżej, pociąga za sobą zupełnie odmienne skutki; różnica ta jeszcze wybitniej występuje, jeżeli drażnimy chemicznie lub elektrycznie rdzeń przedłużony,

mózdzek, lub wzgórki wzrokowe; przy takim podrażnieniu obserwujemy analogiczne skurcze mięśni, jakie widzieliśmy po przecięciu tych części. Wypadałoby więc przyjąć, że różnica wpływu przekroju rdzenia pacierzowego i rdzenia przedłużonego lub wyższych części, polega na specjalnej właściwości ośrodków tych części, wskutek których one wogóle mogą być łatwiej podrażnione, i że do podrażnienia ich wystarcza samo uszkodzenie, samo nadwężenie całości ich połączeń, przynajmniej w ciągu pewnego czasu.

Ciekawe są także spostrzeżenia Siechenowa nad zachowaniem się prądów elektrycznych w rdzeniu pacierzowym i przedłużonym; jakkolwiek sprawa ta jest bardzo mało zbadana, to jednakże już z tych doświadczeń, które wykonał Siechenow, okazuje się, że w rdzeniu przedłużonym rzeczywiście powstają pozornie zupełnie samoistne stany czynne, które powodują wahanía wsteczne odprowadzonego prądu i które mogą być zahamowane wskutek drażnienia nerwów dośrodkowych; podobnych wahań wstecznych samoistnych z rdzenia pacierzowego nie otrzymujemy.

Wybraliśmy lokomocyą jako przedmiot rozważania w tem miejscu dlatego, że na niej najwybitniej widzimy wpływ i znaczenie środkowych części osi mózgo-rdzeniowej, jakkolwiek z tego nie wynika, ażeby te części nie miały innych wpływów i innych funkcyj w ustroju. Co się tyczy rdzenia przedłużonego, to wiadomo z fizjologii krążenia i oddychania, że tu znajdujemy ośrodki dla nerwów zwężających naczynia, że tu najprawdopodobniej leży ośrodek oddychania, że wreszcie w górnych jego częściach muszą być ośrodki wymiotne, ośrodki połykowe, które to sprawy rozpatrywaliśmy już w odpowiednich rozdziałach i dlatego tutaj bliżej nad nimi zatrzymywać się nie będziemy.

Ażeby uzupełnić obraz funkcji tych części mózgu, rozpatrzmy obecnie jeszcze fakta, istniejące w nauce, a zebrane bądź z obserwacji zmian, które występują po uszkodzeniu tych części, bądź zmian, objawiających się po zupełnem ich wycięciu, wreszcie zmian, występujących podczas bezpośredniego drażnienia tych okolic. Do tych okolic, jak wspomnieliśmy, zaliczamy: ciałka prążkowane (*corpora striata*), wzgórki wzrokowe (*thalami optici*), móżdżek (*cerebellum*), most Varola, rdzeń przedłużony (*medulla oblongata*), i ciałka czworacze (*corpora quadrigemina*). Część, obejmująca most, ciałka czworacze, wzgórki wzrokowe i ciałka prążkowane, nosi nazwę śródmózdzia; część ta, wskutek anatomicznego położenia, musi zawierać w sobie drogi, służące do połączenia rdzenia pacierzowego z rdzeniem przedłużonym i mózgiem, a następnie obu tych części z móżdżkiem. Anatomiczne położenie śródmózdzia u wyższych zwie-

rzut jest przyczyną, że część ta dotychczas pozostała najmniej zbadana, ponieważ zajmuje środkową część mózgu i jest przykryta półkulami dużemi; wszelkie więc badanie jej bezpośrednie, uszkodzenie lub drażnienie, jest nadzwyczaj utrudnione. Jedyne i może najlepszym środkiem badania tych części są obserwacje na niższych zwierzętach, u których są one wyosobnione i gdzie można stopniowo, oddzielając najprzód półkulę, następnie te części od siebie, pewne obserwacje dość łatwo przeprowadzić. Oczywiście, że następnie, przenosząc wyniki na zwierzęta wyższe, potrzeba je kontrolować i w miarę spostrzeganych faktów uzupełniać. Najłatwiej zdajemy sobie sprawę ze znaczenia śródmózdża u niższych zwierząt, aż do królika, jeżeli do doświadczenia bierzemy dwa osobniki i u jednego przetniemy oś mózgo-rdzeniową pomiędzy mózdzkiem a ciążkami czworaczemi, lub bliźniaczemi (*corpora bigemina*), a u drugiego usuniemy tylko obie półkule. W pierwszym przypadku zwierzę posiada wprawdzie zdolność utrzymania równowagi, a także poruszania się, z małą zdolnością przystosowania się do warunków otoczenia, lecz zupełnie nie otrzymuje wrażeń wzrokowych i wogóle ruchy są upośledzone. W drugim przypadku cały narząd lokomocyjny pozostaje nieuszkodzony, wskutek czego zwierzę zachowuje równowagę najkompletniejszą, może chodzić, biegać, latać, skakać, zupełnie jak prawidłowe; żaby nawet niewątpliwie widzą, gdyż rozpoznają przeszkody na drodze i obchodzą je; nadto, jak podaje Schrader, mogą się zakopywać w ile, łowić muchy i t. p., a więc posiadają instynkt zachowawczy i prawdopodobnie czucie głodu, rozpoznają bowiem muchę i przystosowują swoje ruchy odpowiednio do pewnych celów. To samo widzimy u ptaków, które rzucone w powietrze latają, opuszczają się jednak powoli, lecz umieją omijać przeszkody; kury na przykład dziobią ziemię i kopią nogami. Podobne ruchy stwierdzili Renzi i Christiani na królikach i morskich świnkach; chociaż u tych zwierząt, po wycięciu półkul, zakres ruchów wyraźnie malał, to jednakże i te zwierzęta mogły utrzymywać równowagę, poruszać się i do pewnego stopnia odbierać wrażenia wzrokowe. Słowem u zwierząt, które posiadają nieuszkodzone zupełnie śródmózdże, możemy stwierdzić: 1) zdolność oceniania położenia własnego ciała i przystosowania ruchów do otaczających przedmiotów, a więc zdolność odbierania wrażeń czuciowych skóry, zachowanie czucia mięśniowego i wrażeń wzrokowych; 2) zdolność regulowania ruchów stosownie do potrzeby i hamowania ich; 3) pewną zdolność sądu, na podstawie wrażeń, jak ocenianie odległości, na przykład łapanie muchy i t. p.

Związek narządu lokomocyjnego, ze śródmózdzem, uwytadnia się

szczególne wskutek uszkodzeń. Tak z doświadczeń Magendiego wiemy, że uszkodzenie ciała prążkowanego powoduje u zwierzęcia ruch ku przodowi; to samo obserwował Nothnagel po uszkodzeniu soczewki (*nucleus*), wzgórków wzrokowych po jednej stronie, a oprócz tego ruchy maneżowe mniej lub więcej silne, o mniejszych lub większych kołach. Według Schiffa uszkodzenie przednich części nóżek mózgowych, pociąga za sobą ruchy maneżowe w tę samą stronę, uszkodzenie tylnych w stronę przeciwną. U żaby te same ruchy wywołuje ukłucie *lobi optici*; samo ukłucie lub przecięcie odgrywa początkowo rolę momentu podrażniającego, wskutek czego powstają ruchy maneżowe, bardzo często z początku burzliwe, po pewnym czasie jednak ustępujące, np. po kilku dniach. Jeżeli zwierzę, po uszkodzeniu tych okolic, na jakiś czas się uspakaja, to każde podrażnienie wywołuje ruchy podobne na nowo. Im bliżej mostu leży uszkodzenie, tem zwykłe ruchy maneżowe odbywają się w mniejszych kołach, a w końcu zwierzę kręci się około jednej kończyny przedniej, lub tylnej. Uszkodzenie poprzecznych włókien w moście lub nóżek mózdkowych, powoduje kręcenie się zwierzęcia około osi podłużnej ciała w stronę uszkodzoną. Jakkolwiek jako przyczynę tych ruchów przymusowych, jak to kilkakrotnie zaznaczyliśmy, uważamy sam akt uszkodzenia i miejscowe zmiany w okolicy uszkodzenia, które działają, jako stałe źródło podrażnienia, to jednakże są i inne zapatrywania w tym względzie. Tak niektórzy przypuszczają, że ruchy te zależą tylko od tego, iż przecięcie pewnej części włókien, sprawia częściowe porażenie pewnych okolic, które nie pozwala na prawidłowe skojarzenie się impulsów po stronie zdrowej i stąd też pochodzi przewaga tej strony; inni ruchy te tłumaczą zawrotami, jakich doznaje zwierzę wskutek podmiotowego uczucia zachwianej równowagi ciała, i w tem upatrują ciągłą dążność do odzyskania równowagi i przyczynę nieustającego ruchu w pewnym kierunku.

Że wzgórki wzrokowe zawierają w sobie przynajmniej część narządu lokomocyjnego, przemawia za tem ta okoliczność, że zniszczenie ich u ptaków, pozbawia te zwierzęta możności chodzenia i latania, jakkolwiek nie widzimy porażenia mięśni. Wspominaliśmy już wyżej, że zwierzę po wycięciu półkul mózgowych, z nieuszkodzonym śródmózgdem odbiera wrażenia wzrokowe; są to jednakże prawdopodobnie wrażenia nieświadomione, które odbijają się tylko na mechanizmach ruchowych, podobnie jak w zwykłych odruchach. O fakcie widzenia można się przekonać na żabach bez półkul mózgowych, jeżeli je posadzimy pod kloszem, oklejonym szczelnie czarnym papierem, i tylko z jednej strony

przez mały otworek puścimy do wnętrza silne światło; w takim razie żaba zwraca się ku światłu, jakkolwiekby początkowo była posadzona. Zdolność widzenia światła traci żaba, po ścięciu, na przykład hrzytwą, górnej powierzchni ciał bliźniaczych.

U zwierząt, posiadających ciałka czworacze, możemy po wycięciu półkul mózgowych obserwować oddziaływanie źrenicy na światło, zamykanie powiek podczas silnego oświetlenia, ruch oczu w kierunku światła i t. p. Podrażnienie elektryczne ciałek czworaczych, aż do III komory włącznie, wywołuje zwężenie źrenic, ruchy mięśni ocznych i akomodacją. Zniszczenie przedniej pary ciałek czworaczych, na przykład u psa, pociąga prawdopodobnie zupełną ślepotę, a zniszczenie jednej strony utratę czułości obu siatkówek po odpowiednich stronach. Części te mają oprócz tego pewien wpływ na oddychanie, jak to wykazali Rokitański i Christiani; pierwszy spostrzegł u młodych królików, po oddzieleniu mostu od rdzenia przedłużonego, znaczne osłabienie czynności oddychania, a drugi znalazł, że drażniąc podstawę III komory, wzgórkę wzrokowe i ciałka czworacze można wywołać zwolnienie i zupełne zatrzymanie oddychania. Jaki jest jednak stosunek tych części do ośrodka oddechowego, dotychczas nie wyjaśniono; być może, że tędy przebiegają drogi od kory mózgowej, do ośrodka oddechowego, którego czynność, jak wiadomo, może ulegać zmianom wskutek wpływu woli.

W tych częściach również znajdują się ośrodki narządu głosowego; u żab wykazał je Goltz, gdy po przecięciu ciałek bliźniaczych, odruchowego skrzeczenia wywołać mu się nie udało. To samo Vulpian stwierdził na królikach: po przecięciu mózgu, bezpośrednio przed ciałkami czworaczemi, zwierzęta te reagują na ból piskiem przeraźliwym, który robi wrażenie, jakby rzeczywiście odczuwały ból. Tu także, przynajmniej u żaby, znajdują się ośrodki, których podrażnienie wpływa hamująco na odruchy rdzenia pacierzowego.

Mózdzek. Ze względu na funkcje swoje mózdzek należy do grupy śródmózdzia, jednakże racjonalnem będzie uważać go za osobny dodatek, odgrywający podobną rolę względem mózgu i śródmózdzia, jaką zwoje międzykręgowe odgrywają względem rdzenia, za czem przemawia na podstawie swoich doświadczeń Luciani. Mózdzek, jak wiadomo składa się z substancji szarej, tworzącej jego korę i jądra w niektórych miejscach w środku, i z substancji białej, złożonej z włókien, które po części łączą się z sobą w mózdzku samym, w części zaś wychodzą z niego i za pomocą odnóg łączą go z mózgiem, śródmózdzem i rdzeniem przedłużonym (*crura cerebelli ad cerebrum, pontem et medullam oblongatam*).

Stopień rozwoju mózdzku nie jest jednakowy u wszystkich zwierząt: u *amfibi* spotykamy go w postaci małego płątka pod *corpora bigemina*, ponad IV komorą, u ptaków jest rozwinięta tylko środkowa część, tak zwany robak (*vermis*), u ssaków zaś posiada on oprócz robaka, dwa boczne rozszerzenia: *lobi cerebelli*. Zapatrywania względem funkcji mózdzku są bardzo rozmaite i do dziś dnia niedają się pogodzić ze sobą. Przedewszystkiem nie ulega wątpliwości jego bliski związek z narządem lokomocyi ciała. Drażnienie powierzchni mózdzku nie daje żadnych określonych wyników, natomiast uszkodzenie powoduje znaczne zaburzenie, zwłaszcza w sferze ruchów. Wagner, Magendie i Flourens po wycięciu mózdzku obserwowali niepewny chód, trudność w zachowaniu równowagi i przewracanie się zwierząt ku tyłowi, i dlatego Flourens przyjmuje, że w mózdzku są ośrodki, służące do koordynacyi ruchów, Magendie i Lussana twierdzą, że w nim leżą ośrodki dla czuć mięśniowych, oraz ośrodki, utrzymujące równowagę ciała. Ośrodki te mają być wprowadzane w stan czynny za pomocą wrażeń mięśniowych i rozmaitych innych, które służą do regulacyi ruchów. Za tem przemawia fakt, że gdy włókna dośrodkowe ulegają zwyrodnieniu, występuje rzeczywiście ataksya tak u zwierząt, jak i u człowieka. Lecz ośrodki mózdzka, jak każde inne, powinny mieć swoje obwodowe zakończenia; otóż za takie mają służyć narządy kanałów półkręgowych w uszach, w których ruch cieczy, spowodowany ruchem głowy, przez *cristae acusticae*, działa na ośrodki. Przemawiałyby za tem objawy, które występują po uszkodzeniu błoniastej części kanałów; i tak, uszkodzenie obu poziomych kanałów pociąga za sobą ruch wahadłowy głowy w pozycyi poziomej: zwierzęta nie mogą poruszać głowy naprzód, ani skręcać jej na prawo lub lewo; po uszkodzeniu kanałów pionowych, zwierzę porusza głowę z góry na dół; jeżeli uszkodzenie wykonamy po jednej stronie, to te objawy po pewnym czasie ustępują, przeciwnie, w razie uszkodzenia obustronnego, trwają nie tylko dnie, ale tygodnie, lecz w takim razie nawet w spokoju położenie głowy jest nieprawidłowe. Pomimo tego ani słuch, ani inteligencya wobec tych zmian nie cierpią, jak to wykazał Flourens. Zniszczenie ślimaka podobnych zmian nie wywołuje, z czegoby wynikało, że zmiany te nie są skutkiem zadrażnienia narządu słuchowego. Na mocy tych objawów Goltz wypowiedział hipotezę, że kanały półkręgowie są narządem zmysłowym obwodowym, który dostarcza wrażeń do układu centralnego, pozwalających sądzić o położeniu głowy, i w ten sposób współdziała przy utrzymywaniu równowagi ciała. Te zaburzenia, które występują po uszkodzeniu kanałów półkręgowych, uważa

on w części jako skutek wypadnięcia funkcyi. Hypotezę Goltza Mach i Breuer starali się uzasadnić teoretycznie i doświadczalnie. Kanały te, jak wiemy, stoją do siebie prostopadle w trzech płaszczyznach tak, iż odpowiadają układowi trzech współrzędnych płaszczyzn w przestrzeni. Jeżeli więc w nich powstanie ruch cieczy, wskutek ruchu głowy, który zadrażnia znajdujące się tu nerwy, to przez to zostaje wywołane czucie, które świadczy o położeniu głowy. Z doświadczeń Breuera okazało się, że rzeczywiście podrażnienie kanałów mechaniczne, elektryczne lub terminiczne wywołuje ruch głowy w płaszczyźnie kanału. To samo obserwował Ewald w nowszych doświadczeniach, w których za pomocą rurki w kształcie litery **T** wywoływał ruch cieczy w kanałach półkręgowych. On też po zniszczeniu labiryntu z obu stron, karmiąc sztucznie badane gołębie, znalazł, że, gdy po pewnym czasie zaburzenia w równowadze nieco ustępowały, zwierzę osiągało pewien stopień kompensacyi zapomocą czuć mięśniowych; jednakże zwierzęta albo wcale nie mogły latać, albo lot ich był bardzo niepewny, głowę trzymały nieprawidłowo i wogóle poruszały się bardzo mało. Ciekawą jest rzeczą, że w tym przypadku objawiało się także osłabienie mięśni ciała.

Ponieważ w kanałach półkręgowych rozgałęzia się nerw słuchowy, więc starano się stwierdzić, jakie zaburzenia pociąga za sobą zniszczenie nerwu słuchowego. Doświadczenia w tym kierunku robił Cyon i znalazł, że przecięcie nerwu objawów tych nie wywołuje. Jednakże fakt ten bynajmniej nie sprzeciwia się hipotezie Goltza, wiadomo bowiem, że przecięcie nerwu nie jest źródłem miejscowego podrażnienia, jakie może sprawiać, na przykład uszkodzenie błoniastego kanału; wszelako zjawiska wypadnięcia funkcyi powinny byłyby wystąpić, a o tem wcale Cyon nie wspomina, jakkolwiek podług Schiffa fakt ten ma mieć miejsce. Zwracano uwagę także na to, że u głuchoniemych, u których labirynt nie funkcjonuje, nie obserwujemy zawrotów głowy, jednakże zrobiono spostrzeżenia, że ci ludzie z zamkniętymi oczami, na jednej nodze ustać nie mogą, wobec czego wypadaloby przyjąć, że w tych przypadkach czucie mięśniowe zastępuje kanały półkręgowie.

Rola mózdzku nie ogranicza się jednak do tylko co przytoczonej funkcyi. Wprawdzie nowsze badania nie potwierdzają rozmaitych przypuszczeń, które co do roli tego narządu czyniono, atoli najnowsze spostrzeżenia Lucianiego zdają się przemawiać za tem, że rola ta jest o wiele większą, niż dotąd przypuszczano. Luciani, uszkadzając lub niszcząc mózdzek częściowo lub w całości, zwracał uwagę: 1) na objawy podrażnienia, 2) objawy wypadnięcia funkcyj; 3) kompensacją; 4) objawy

degeneracyjne; 5) objawy dystroficzne. Przedewszystkiem znalazł: a) że przecięcie odnóg mózdzko-mózgowych pociąga za sobą zwyrodnienie substancji białej, które dochodzi z jednej strony do *corpus dentatum cerebelli*, z drugiej do *nucleus ruber thalami optici*; b) przecięcie średnich odnóg powoduje zwyrodnienie, dochodzące do dróg piramidalnych i do szarej substancji w moście, przeto mózdzek przedstawia się jako ośrodek troficzny dla włókien mostu; c) przecięcie odnóg dolnych powoduje zwyrodnienie *corpora restiformia*, aż do dolnych oliwek. W ten sposób Luciani wykazał na podstawie zwyrodnień, łączność mózdzku przez wzgórki wzrokowe z mózgiem, mostem i rdzeniem przedłużonym.

Co do fizyologicznych objawów, to na podstawie doświadczeń Lucianiego można je rozklasykować podług następujących grup:

1) Przecięcie mózdzku przez robaka na dwie połowy: zwierzę zostaje przy życiu; objawy podrażnienia występują tylko w ciągu pierwszych pięciu dni i polegają jakby na pewnych przeszkodach w koordynacji ruchów przednich kończyn i karku, wskutek czego zwierzę nie może ani stać, ani chodzić; energia mięśniowa wogóle się zmniejsza (*astenia* podług autorów), obniża się tonus mięśni (*atonia*), zjawia się niepewność w ruchach, niemożność utrzymania postawy (*astazyja*). Kompensacya ze strony zwierzęcia polega na tem, że w celu utrzymania równowagi i umożliwienia ruchów, zwierzę rozstawia kończyny.

2) Wycięcie środkowej części; objawy podrażnienia: ogólny niepokój, toniczny skurcz przednich kończyn, znikający podczas ruchów dowolnych. Objawy te występują po siedmiu dniach, kompensacya, *astenia*, *atonia* i *astazyja* rozwijają się stopniowo w ciągu miesiąca.

3) Kompletne wycięcie jednej połowy pociąga za sobą, jako objawy podrażnienia: rotacyą wzdłuż podłużnej osi ciała i skrzywienie kręgosłupa w stronę, z której wycięto połowę mózdzku. Objawy te ustępują po czterech dniach; osłabienie mięśni po tej samej stronie, przewaga w sile po stronie przeciwnej; atrofia mięśni, objawy dystroficzne, wypadanie włosów i wolniejszy ich porost, powolne gojenie się ran i t. p.

4) Zupełne wycięcie mózdzku powoduje: objawy podrażnienia bardzo słabe, chorealne ruchy przednich kończyn, *strabismus convergens*, *nystagmus*, zwierzę stoi z pochyloną głową i ciągle ją schyla, *astenia* i *atonia*, szczególnie tylnych kończyn, *astazyja* i ogólne osłabienie zwierzęcia.

Doświadczenia te stwierdzają nasamprzód pewne objawy, podane już przez poprzednich badaczy, a zarazem nie zaprzeczają bynajmniej, jakoby główne ośrodki zachowania równowagi znajdowały się

w mózdzku; nadto dowodzą, że mózdzek ma wpływ przeważnie troficzny na cały ustrój, że działa, jak się wyraża Luciani, jako akumulator energii, wzmagającej impulsy odśrodkowe z jednej strony, utrzymującej tonus mięśni z drugiej i wpływającej na odżywianie się tkanek z trzeciej. Czy te spostrzeżenia, które w rzeczywistości do pewnego stopnia znajdują potwierdzenie w spostrzeżeniach klinicznych, zostaną w zupełności udowodnione, wykażą dalsze badania.

III. Czynności psychomotoryczne i psychosensytywne.

W warunkach prawidłowych na każdy ruch zwierzęcia wpływają w bardzo znacznym stopniu impulsy czuciowe dośrodkowe, które z rozmaitych zmysłów dostają się nie tylko do rdzenia lub środkowych części mózgu, lecz także do kory mózgowej i tu zostają mniej lub więcej uświadomione. Widzieliśmy wyżej, że nerwowe mechanizmy lokomocyi znajdują się już w rdzeniu pacierzowym, że są one jednak niezupełne i że do ich prawidłowej funkcji niezbędne są środkowe części mózgu. Widzieliśmy również, że akt lokomocyi, jakkolwiek może być wywołany, wskutek podrażnienia powierzchni czuciowej, jednakże różni się od zwykłego odruchu rdzenia tem, że do prawidłowej jego czynności, jeszcze niezbędne są wrażenia, odbierane albo za pomocą zmysłów: dotyk, czucie mięśniowe i t. p., albo za pomocą kanałów półkręgowych. Wrażenia te, modyfikując stany czynne ośrodków mózdzku, rdzenia przedłużonego, mostu lub wzgórków czworaczych, oddziałują na narządy motoryczne rdzenia i nadają ruchom zwierzęcia pewną prawidłowość, pozwalają zachować równowagę ciała, przystosować ruchy do nowych warunków i t. p. Zasadniczo jednak mechanizm ruchowy rdzenia i mechanizm ruchowy rdzenia przedłużonego oraz śródmózdzia z mózdzkiem w działaniu swoim właściwie się nie różnią: w obu czynność występuje jednakowo mechanicznie, a różnica polega tylko na tem, że pierwszy jest o wiele prostszy od drugiego, i że w pierwszym ruch wywołany zależy tylko od początkowego impulsu, podczas gdy w drugim ruch, wywołany za pośrednictwem tego samego impulsu, jest wciąż modyfikowany za pośrednictwem innych współczesnych, lub odbieranych następnie wrażań. Dzięki anatomicznym stosunkom, odruchowe ośrodki rdzenia, jak również środkowych części mózgu zostają w połączeniu jeszcze z ośrodkami kory mózgowej. Już w rozdziale IV-ym zwróciliśmy uwagę na fakta, przemawiające za tem, że jeżeli nie wyłączną, to przeważną

cechą czynności ośrodkowych korowych jest to, że sprawy fizyologiczne, które w nich zostają wywołane za pomocą impulsów dośrodkowych, powstają jako pewne stany świadome i że tylko w korze mózgowej najprawdopodobniej powstają czucia w ścisłym słowa tego znaczeniu. Dla poparcia tego zdania, możemy z jednej strony zwrócić się do obserwacyi klinicznej, z drugiej do spostrzeżeń nad rozwojem mózgu u zwierząt i ludzi, w końcu do doświadczeń wykonywanych na zwierzętach. Do pierwszej kategorii wypada zaliczyć te wszystkie przypadki kliniczne, w których sprawa chorobowa zajmuje prawie wyłącznie powierzchnię mózgu, na przykład zapalenie opon mózgowych, uszkodzenia kory mózgowej urazowe na większej przestrzeni i t. p. We wszystkich tych przypadkach, pierwszym objawem u człowieka, jest zupełne zawieszenie świadomości. Do drugiej kategorii należy fakt, również dający się stwierdzić anatomicznie, że rozwój czynności psychicznych u dziecka jest zupełnie równorzędny z rozwojem kory mózgowej, i jeżeli w niektórych przypadkach rozwój ten nie następuje, albo jest opóźniony, to zawsze występuje albo kompletny brak inteligencji, jak na przykład u akefalików, albo mniejsze lub większe upośledzenie umysłu. Trzecią kategorią dowodów, można zebrać wyłącznie tylko na zwierzętach niższych; w ostatnich czasach Goltz wykonywał je nawet na psach, wycinając im półkule mózgowe. Wszystkie te spostrzeżenia świadczą, że w warunkach prawidłowych przeważna część, czynności ustroju, jeżeli nie wszystkie bywają wykonywane pod bezpośredniem kierownictwem spraw, zachodzących w korze mózgowej, a mianowicie czuć. Tak na przykład drażniąc powieki lub rzęsy oka, wywołujemy mruganie, które u zwierząt pozbawionych kory mózgowej, występuje zupełnie mechanicznie, jeżeli drogi, po których przebiega impuls podrażnienia z powierzchni czuciowej do ośrodków są niezmienione; u człowieka lub zwierzęcia normalnego ruch ten nie tylko może się odbywać tak samo prawidłowo, jak u zwierzęcia pozbawionego półkul mózgowych, lecz może on także ulegać bardzo znacznym zmianom, może być nawet zupełnie wstrzymany. Zatem mechanizm automatyczny, pośredniczący w mruganiu, zostaje pod wpływem impulsów, które czynność jego mogą bardzo znacznie modyfikować; leży on przeważnie w środkowej części mózgu i dlatego nazwano go podkorowym (*subcorticalis*). W tym przypadku, kiedy mruganie nie następuje, ten wpływ jest oczywiście hamujący; gdy zaś odruchowa czynność następuje o wiele szybciej, niż w warunkach prawidłowych, wpływ kory mózgowej na mechanizm odruchowy jest pobudzający.

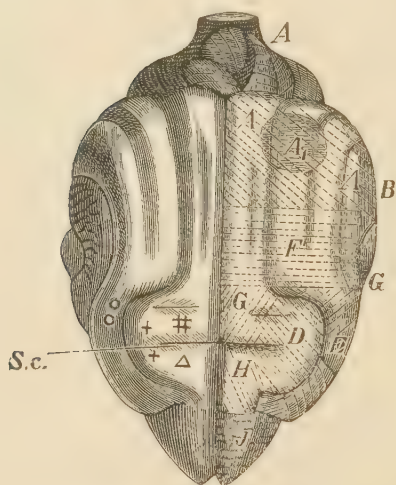
Zasadnicze różnice w ruchach, które wykonywa zwierzę, pozbawione półkul mózgowych, są według Exnera następujące: Ruchy dowolne zwierzęcia nie mają nigdy na celu wprawienia w skurcz tej lub innej grupy mięśni, lecz zawsze — osiągnięcie pewnego celu; jeżeli pragniemy ująć jakiś przedmiot, to naszym zamiarem nie jest skurcz zginaczy, lecz tylko ujęcie tego lub innego przedmiotu. Najwybitniej właściwość ta występuje w tych ruchach dowolnych, w tych kombinacjach i formach ruchów, w których najbardziej jesteśmy biegli, na przykład w ruchach, którymi się posługujemy podczas mowy; stąd też pochodzi, że gdy nie możemy skutków naszych impulsów obserwować, ruchy stają się bardzo niepewne i niezgrabne, a niekiedy nawet niemożliwe. Każdy więc ruch wywołany impulsem z kory mózgowej nie polega tylko na wprowadzeniu mechanizmów ruchowych niższych części mózgu i rdzenia w stan czynny, lecz nadto towarzyszy mu ciągła kontrola, również wskutek impulsów z kory mózgowej, która się odbywa pod kierunkiem czuć wciąż odbieranych. Ta regulacja ruchów ze strony kory mózgowej występuje tem wybitniej, im osobnik w szeregu zwierząt stoi wyżej pod względem inteligencji, i wskutek tego zniszczenie tego związku tem większe zboczenia sprowadza. Tak na przykład u żab, a nawet u ptaków, jak kilkakrotnie wspominaliśmy, daleko mniejszym zmianom ulega lokomocja po wycięciu półkul mózgu, niż na przykład u królika lub psa, u których uszkodzenie pewnych części kory mózgowej pociąga za sobą przynajmniej czasowe porażenia pewnych mięśni, niemożność wykonywania pewnych ruchów i t. p.; u małp takie samo uszkodzenie powoduje o wiele cięższe i dłużej trwające zmiany (porażenia), które jednak jeszcze mogą ustąpić, podczas gdy u człowieka pociąga za sobą porażenia stałe. Ten fakt, obserwowany na człowieku, pozwalałby przypuszczać, że mechanizm lokomocji podkorowy u człowieka nie istnieje, jednakże są pewne podstawy do sądzenia, że tak nie jest. Według wszelkiego prawdopodobieństwa istnieje on także i u człowieka, lecz czynność jego od początku pozostaje wciąż pod bardzo energiczną kontrolą mechanizmów ruchowych kory mózgowej, t. j. czuć świadomych i wskutek tego on nie występuje na jaw po zniszczeniu kory; ten bowiem ciągły wpływ impulsów z kory mózgowej na mechanizmy lokomocyjne, ich ciągłe ćwiczenie i modyfikowanie pod wpływem uwagi od dzieciństwa, niewątpliwie wywołuje pewne zmiany, wskutek których zależność dróg odśrodkowych impulsów dośrodkowych w sferze rdzenia i środkowych części mózgu, staje się o wiele mniejszą, niż u niższych zwierząt.

Doświadczenia, które wykonywano na korze mózgowej w celu

wyjaśnienia jej roli i wpływu na inne części osi mózgodzeniowej, można podzielić na 4 następujące grupy: 1) Drażnienie bezpośrednio kory mózgowej i obserwowanie skutków. 2) Uszkodzanie lub wycinanie małych części i obserwowanie zmian stałych, występujących bezpośrednio lub w pewnym czasie po operacji. 3) Wycinanie większych okolic, lub całych półkul. 4) Badanie zmian elektrycznych w korze mózgowej podczas drażnienia rozmaitych nerwów dośrodkowych.

1) Bezpośrednie drażnienie kory mózgowej. Pierwsi Fritsch i Hitzig około roku 1870 stwierdzili fakt, że, drażniąc niektóre okolice kory mózgowej prądem indukcyjnym z przyrządu saneczkowego.

Ryc. 205.



Mózg psa. Sfery psychomotoryczne i psychosensoryczne według Hitziga i Munka.
Objaśnienie w tekście.

Du Bois Reymonda u małp i u psów, można stale wywołać pewne ruchy tej lub innej kończyny, lub pewnych grup mięśni, jak skurcz żwacza, ruchy ogona i t. p. Okolice te według doświadczeń tych autorów zajmują stosunkowo małą przestrzeń, leżą bowiem tylko w przednich płatach mózgowych, u psa naokoło *sulcus cruciatus*, u małpy obok *sulcus centralis*, w zwojach otaczających tę bruzdę, dochodzą aż do bruzdy podłużnej (*sulcus longitudinalis*) i nawet w nią się zagłębiają. Podobne doświadczenia zostały następnie przeprowadzone przez cały szereg innych badaczy, szczególnie angielskich tak, iż spostrzeżenia te dziś już nie ulegają żadnej wątpliwości.

Na podstawie tych badań, dokonanych na rozmaitych zwierzętach, można obecnie dla każdego gatunku ułożyć mapę tych punktów, których drażnienie wywołuje ruchy pewnych grup mięśni, zwykle po przeciwnej stronie. Przytoczona rycina 205 przedstawia mózg psa z góry; znaczek:

Δ oznacza miejsce zwoju przedniego, którego podrażnienie wywołuje skurcz mięśni karku.

+ skurcz mięśni ekstensorów i adduktorów kończyny przedniej

+ nieco ku tyłowi skurez fleksorów i rotatorów kończyny przedniej.

skurez mięśni kończyn tylnych.

o, w sąsiednim zwoju — skurez mięśni twarzowych, unerwionych przez *n. facialis*.

Charakter skurezów tak u psa i królika, jak również u małpy, jest zawsze tężcowy; występują one o wiele łatwiej wskutek drażnienia nawet słabym prądem indukcyjnym, jeżeli podrażnienia są wielokrotne, niż wskutek silnych podrażnień pojedynczych i zawsze, jak zauważyliśmy wyżej, po przeciwnej stronie ciała. Nadto są to zawsze ruchy skombinowane, odpowiadające pewnym ruchom fizyologicznym, jak to można widzieć szczególnie u małpy: naprzykład zginanie palców, dłoni, zginanie, podnoszenie, opuszczanie, skręcanie na zewnątrz i wewnątrz kończyny i t. p. Z doświadczeń Heidenhaina wynika, że okres utajonego podrażnienia z kory mózgowej jest około 0.01 sekundy dłuższy, niż gdy skurez wywołujemy przez drażnienie białej substancji tych samych okolic. Ruchy podobne można wywołać jednakże tylko zastosowując stosunkowo słabe podrażnienia; gdy podnieta wzrasta, nie tylko napięcie ruchów się zwiększa, lecz powstają drgawki, kurcze tężcowe i drgawkowe, które mogą przejść w tężec ogólny, lub napad epileptyczny. Prąd stały, przeprowadzany za pomocą osobnych elektrod przez te okolice, działa podobnie, lecz tylko w chwili zamykania i otwierania, i tem się ma różnić od działania na nerwy, że podczas zamykania punktem podrażnionym jest miejsce, leżące przy anodzie, podczas otwierania miejsce przy katodzie (?). Drażnienie innych okolic kory mózgowej zwykle nie wywołuje podobnych ruchów i tylko niekiedy wśród, pewnych zmienionych warunków, może wystąpić pod wpływem drażnienia, napad epileptyczny.

Gdy te spostrzeżenia Hitziga i Fritscha, a następnie uczonych angielskich, jak Feriera, zostały ogłoszone, gdy ci autorowie, na podstawie swoich doświadczeń, wypowiedzieli mniemanie, że punktem wyjścia stanu czynnego w przypadkach drażnienia kory mózgowej są ośrodki, a nawet, jak niektórzy przypuszczali, duże komórki piramidalne kory, hipoteza ta została przez jednych skwapliwie przyjęta, u drugich napotkała na zarzuty, tak, iż wśród fizyologów powstały dwa obozy, które dotąd istnieją. Jedni przyjmują, zgodnie z wymienionymi wyżej badaczami, że w okolicach, w których można wywołać ruchy grup mięśni, rzeczywiście leżą pewne ośrodki nerwowe, które i w warunkach fizyologicznych ruchami temi zawiadują, drudzy przypuszczają, że podrażnienie nie działa

na ośrodki, lecz na odchodzące od nich włókna, czyli, że w tych doświadczeniach drażni się nie szarą substancję kory, lecz białą, to jest włókna nerwowe. Pierwsi przypuszczają, że te ośrodki tem się różnią w swojej czynności od innych ośrodków, że impulsom, które pobudzają mięśnie do ruchu, towarzyszą zarazem pewne stany świadomości, na przykład wyobrażenia ruchu, t. j. stany, które występują zwykle w tych przypadkach, gdy zwierzę dowolnie te same ruchy wykonywa; dlatego też ośrodki te, według ich zdania, najodpowiedniej było nazwać ośrodkami *psychomotorycznymi*. Obecność tych ośrodków przemawiałaby za tem, że funkcja kory mózgowej jest ściśle rozgraniczona, czyli, że podczas czynności kory mózgowej nie bierze w niej udziału cała powierzchnia naraz, lecz tylko pewne okolice, dla każdej czynności inne. Tego rodzaju zapatrywania, o ściśle ograniczonej funkcji pojedynczych punktów kory mózgowej nie podzielają przeciwnicy tej hipotezy, i starają się również za pomocą doświadczeń ją obalić. Ci pierwsi przytaczają jako fakta, które przemawiają za tem, że podczas drażnienia kory mózgowej rzeczywiście zostaje podrażniona sama kora, a nie włókna nerwowe, oprócz przytoczonej już wyżej różnicy w okresie utajonego podrażnienia, jeszcze następujące spostrzeżenia: 1) Prąd, którym się posługujemy podczas drażnienia, jest zwykle tak słaby, że nie jest w stanie wobec stosunkowo słabego przewodzenia kory, przeniknąć do warstw głębszych; można się nawet przekonać, za pomocą bezpośredniego drażnienia warstwy substancji białej, po zdjęciu substancji szarej, że chociaż podrażnienie to także może wywołać podobne ruchy, to jednakże podnieta musi być silniejsza, a więc nie można przypuścić, aby w czasie drażnienia szarej substancji, te słabe prądy, którymi się posługujemy, mogły dosięgać substancji białej. 2) Charakter ruchów, które obserwujemy podczas drażnienia rozmaitych miejsc kory, a które, jak widzieliśmy, mają cechę ruchów mniej lub więcej złożonych, zawsze tylko pewnych grup mięśni, jest ściśle określony, podczas gdy podrażnienie bezpośrednio substancji białej wywołuje skurcze chaotyczne; nawet najdokładniejsze przykładanie elektrod i preparowanie mózgu, nie pozwala otrzymać takich ruchów, jak pronacja, supinacja, fleksja, ekstensja, strzyżenie dwoma palcami i t. p. 3) Pobudliwość kory mózgowej, jak wykazały doświadczenia Heidenhaina, a o czem zresztą każdy się mógł przekonać, kto podobne doświadczenia przeprowadzał na szerszą skalę, jest bardzo zmienna, nie jednakowa: raz wywołuje ruchy prąd bardzo słaby, drugi raz, bez widocznych przyczyn, te same ruchy, można wywołać tylko o wiele silniejszym prądem, po pewnym czasie

znowu zaczyna działać prąd słaby i t. p.; takie zmiany w pobudliwości można obserwować niekiedy w bardzo krótkich odstępach czasu; ruchy te znikają, jeżeli się zwierzę chloroformuje lub morfinuje, albo usypia eterem i jeżeli zwierzę pozostaje w głębokiej narkozie; znikanie więc ruchów w narkozie byłoby niezrozumiałe, gdyby prąd, którym drażnimy korę mózgową, działał na substancją białą, gdyż wiadomo, że nawet podczas głębokiej narkozy drażnienie nerwów zawsze powoduje skurcz

4) Te zmiany w pobudliwości, jak wykazały spostrzeżenia, zależą z jednej strony od większego lub mniejszego przekrwienia samej kory, z drugiej od tego, czy w chwili, gdy zwierzę nie jest dostatecznie uśpione, lub wcale nieusypiane, otaczające zjawiska nie odciągają jego uwagi. Na podstawie doświadczeń Heidenhaina i innych autorów, oraz własnych mogę stwierdzić, że wszelkie skupienie uwagi zwierzęcia obniża pobudliwość ośrodków motorycznych. Jeżeli równocześnie z podrażnieniem kory mózgowej, drażnimy na przykład, prądem łapę, albo w jakiegokolwiek okolicy skórę zwierzęcia, to nawet w stanie pół uśpienia możemy zawsze stwierdzić zupełny brak, albo przynajmniej znaczne obniżenie pobudliwości kory. Jeżeli u zwierzęcia, na przykład u psa, które, wskutek obycia się z laboratoryum, zachowuje się spokojnie, po odsłonięciu kory mózgowej, drażnimy korę i, wynalazłszy pewną okolicę motoryczną, oraz oznaczywszy siłę prądu, który ruch wywołuje, podczas następnego drażnienia będziemy na niego wołali lub je głaskali, albo pokazemy mu kawał mięsa, to to samo podrażnienie może pozostać zupełnie bez skutku. 5) Tarchanow i Soltmann wykazali, że okolice motoryczne kory u młodych zwierząt, na przykład szceniąt, kociąt i t. p., z początku są zupełnie niepobudliwe, dopiero w miarę rozwoju zwierzęcia, u szceniąt około 8—12 dnia, t. j. mniej więcej w czasie, kiedy zwierzęta zaczynają patrzeć, kiedy ich ruchy stają się coraz więcej prawidłowe i wyraźnie noszą cechę zależności od woli, drażnienie tych okolic zaczyna być skutecznem. Zarazem stwierdzono, że zwierzęta, u których po urodzeniu cały narząd lokomocyjny funkcjonuje jak u dorosłych, na przykład morskie świnki, odrazu też oddziałują na podrażnienia; badania zaś mikroskopowe u tych samych zwierząt wykazały, że podczas, gdy u szceniąt lub kociąt komórki piramidalne w pierwszych dniach życia, są bardzo mało rozwinięte, u morskich świnek są one już z dniem urodzenia tak wykształcone, jak u dorosłych.

2) Wycinanie pewnych okolic mózgu lub ich uszkodzenie. Gdy powyższe fakta zostały stwierdzone, ci sami autorowie, a także inni, jednocześnie prawie, rozpoczęli drugi szereg doświadczeń,

mający na celu skontrolowanie wyników pierwszego szeregu i polegający na uszkodzeniu lub wycinaniu tych samych lub innych okolic kory mózgowej. Z góry wypada zaznaczyć, co zresztą już podnosiliśmy wyżej, że objawy, które zwierzęta po takich zabiegach przedstawiają, muszą być w wysokim stopniu skomplikowane. Jeżeli bowiem kora mózgowa jest siedliskiem rzeczywiście pewnych określonych funkcji, w każdym miejscu innych, to po zniszczeniu każdej takiej okolicy przedewszystkiem musi nastąpić brak pewnych, z tą okolicą związanych, funkcji; następnie sam zabieg operacyjny może być źródłem podrażnień tak ośrodków, jak i dróg obok przebiegających; w końcu każda część kory mózgowej, jak wykazują badania histologiczne, zawiera oprócz elementów miejscowych także włókna, które tylko przez tę część kory przebiegają i łączą dwie jakieś sąsiednie okolice, więc oczywiście wycięcie lub uszkodzenie pewnego miejsca musi pociągnąć za sobą także brak lub pewne zaburzenia funkcji i w tych sąsiednich okolicach. Nie więc dziwnego, że szereg tych badań do dzisiejszego dnia przedstawia tak wiele sprzeczności i niezgodności w obserwacjach rozmaitych autorów, i że tylko w ogólnych zarysach wnioski z tych doświadczeń wyciągać wypada. Sprzeczności te wynikają nie tylko z błędów samej obserwacji, z tego, że nie zawsze te same okolice były wycinane, jakkolwiek autorowie mniemali, że doświadczenia były wykonane ściśle w tych samych okolicach, lecz także stąd, że same obserwacje były robione nie jednakowo dokładnie i nie w tym samym czasie po operacji. To też ograniczę się tutaj na podaniu tylko kilku przykładów, jakoby protokołów z tych doświadczeń, które nam najlepiej sprawę tę ilustrować mogą.

1) Pies, któremu wycięto *gyrus centralis* po lewej stronie: zwierzę od razu po operacji może wykonywać ruchy wszystkimi kończynami i zachowywać równowagę, wogóle nie przedstawia widocznych zmian w narządzie lokomocyjnym. Z tego oczywiście wynika, że obie prawe kończyny nie są zupełnie porażone; jednakże, jeżeli się bliżej obserwuje zwierzę podczas tych ruchów, to można łatwo zauważyć, że obu prawych kończyn zwierzę używa więcej niezgrabnie niż lewych, że one się łatwo uginają; chodząc po podłodze zwierzę często ustawia je nieprawidłowo; mianowicie zamiast opierać dolną stronę, jak zwykle, opiera je często górną, przyczem palce zaginają się pod łapę. Całego szeregu ruchów, których się nauczyło i dobrze umiało, teraz zwierzę zapomina, na przykład nie umie podać łapy prawej, nie może w niej utrzymać kości, którą gryzie, i zwykle przytem posługuje się lewą. Jeżeli łapom prawym nadamy możliwie nieprawidłowe położenie i zwierzę pozostaje

w spokoju, to zupełnie nie zmienia tego położenia, podczas gdy takie samo ułożenie łapy lewej jest niemożliwe. Branie do ręki, uciskanie prawej przedniej lub tylnej łapy, nie wywołuje żadnej reakcyi, nawet podczas klucia igłą, a jeżeli powstaje jaka reakcyja, to ma wybitny charakter odruchu. Jeżeli zwierzę postawimy na stole i zmusimy je chodzić brzegiem stołu prawą stroną na zewnątrz, to zwierzę często ustawia nogi fałszywie, tak, że spada ze stołu; nigdy się tego nie widzi, jeżeli zwierzę chodzi brzegiem stołu lewą stroną na zewnątrz. Jeżeli takiemu zwierzęciu w pierwszym przypadku prawą łapę odciągniemy poza brzeg stołu, to jej nie poprawia, co się z łapą lewą stanowczo nie udaje.

Otóż ze wszystkich tych doświadczeń wynika, że wprowadzie z jednej strony wycięcie *gyrus centralis* pociąga za sobą pewne zaburzenia w prawidłowości ruchów, jednakże zaburzeniom tym towarzyszy także upośledzenie czucia dotykowego i mięśniowego, a jak niektórzy przypuszczają, upośledzenie wszystkich tych czuć, na podstawie których sądzimy o położeniu naszego ciała. Z tego wynika, że te same okolice w korze mózgowej, z których wywołujemy ruchy mięśniowe, są zarazem okolicami czuć dotykowych i mięśniowych, o ile w świadomości naszej one się objawiają. Wskutek tego okolice te nazwano także *psycho-sensorycznemi*.

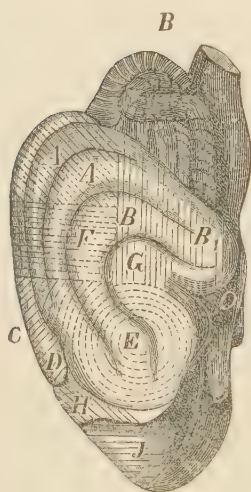
W tem miejscu wypada zaznaczyć, że nietylko wycięcie powoduje przytoczone wyżej zmiany, które jednakże z czasem stają się o wiele mniej wybitne, lecz to samo można obserwować, gdy daną psychomotoryczną okolicę ostrym nożem obcinamy naokoło, nie wycinając wcale substancyi mózgowej (Exner), jakkolwiek drażnienie odgraniczonej okolicy wywołuje te same ruchy, które można było wywołać przed odgraniczaniem. Z tego faktu trzeba więc wnosić, że motoryczne impulsy rzeczywiście wychodzą bezpośrednio z danej okolicy kory mózgowej, że natomiast czucia są zjawiskiem więcej skomplikowanym i dana psychotensywna okolica tylko pośrednio bierze w nich udział.

Następnie zaczęto wycinać inne okolice, w celu oznaczenia i zbadania również okolic czuciowych, już nie samej tylko powierzchni czuciowej skóry, ale także innych zmysłów. Wyniki tych badań przedstawia nam rycina mózgu psa, ułożona przez Hitziga. Od *C* do *J* sięga okolica czuciowa rozmaitych części ciała, *C* dla tylnych kończyn, *D* dla przednich, *E* dla głowy, *F* dla oka, *G* dla ucha, *H* dla karku i grzbietu. Z porównania tych map okolic czuciowych z mapami okolic ruchowych wynika, że, okolicy czuciowej każdej części naszego ciała, mniej więcej

odpowiada okolica ruchowa tej samej części ciała. Z planami tymi nieco się nie zgadzają plany Munka, który okolicę grzbietową lokalizuje w czołowych zwojach w miejscu *J* tablicy Hitziga, dla oczu i uszu w *A* i *G*. Podobne okolice czuciowe wyznaczono także dla mózgu małpy; odpowiadają one w głównych zarysach okolicom u psa i przedstawione są na rycinie 207, na której litery mają to samo znaczenie, co wyżej.

2) Luciani małpie *Macacus cynomolgus* otworzył czaszkę w okolicy ciemieniowej lewej, w okolicy *gyrus centralis*. Drażnienie prądem

Ryc. 206.



Mózg psa według Munka.

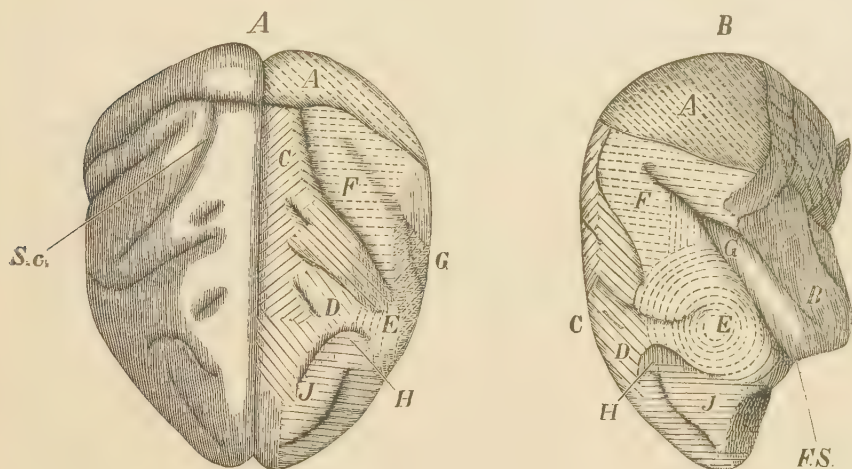
elektrycznym wywołuje ruchy obu kończyn tylnych i prawej ręki. Po wycięciu warstwy korowej i opatrzeniu rany, małpa się podnosi, lecz prawą stronę porusza słabiej, palce prawej nogi zgięte; włączając na łańcuch, po którym się przedtem podnosiła bardzo łatwo, teraz trzyma się przeważnie lewymi kończynami, nie może ująć prawą łapą kawałka cukru, bierze go lewą, na dotykanie lub uciskanie prawych łap nie reaguje, nie zwraca uwagi, jeżeli im nadajemy nieprawidłowe położenie. W siedem dni po operacji objawy te zaczynają ustępować, jakkolwiek ruchy nie są jeszcze prawidłowe, gdyż jeszcze nie może brać cukru ręką prawą. Po 14 dniach zaczyna używać także prawych kończyn przy podnoszeniu się na łańcuch, czucie skórne się polepsza. Następnie u tej samej małpy wykonano podobną operację po stronie prawej; teraz po operacji zwierzę przeważnie ciągnie za sobą pod-

czas ruchów lewe kończyny, chwytą wprawdzie chleb lewą ręką, lecz nie może go podnieść do ust, cukier bierze lewą ręką i t. p., zwierzę jednak prędko padło. U małpy więc bezpośrednie objawy po operacji, jak porażenie ruchów, występują wybitniej, jakkolwiek po pewnym czasie zupełnie ustępują.

Otóż fakt ten, że objawy wypadnięcia funkcji z czasem się zmniejszają, albo niekiedy zupełnie znikają, zmuszał do szukania wytłumaczenia i starano się go przedewszystkiem tłumaczyć tem, że zastępstwo wyciętej okolicy bierze na siebie okolica symetryczna drugiej połowy ciała. Doświadczenia Luccianiego i cały szereg innych spostrzeżeń stwierdziły, że w rzeczywistości w ten sposób zastępstwa tłumaczyć nie mo-

żemy, albowiem po wycięciu tej samej okolicy po stronie drugiej, w tym przypadku wprawdzie objawy występują także i po lewej stronie. jednakże zwierzę przeważnie wykonywało ruchy stroną lewą; najbardziej przeciw temu tłumaczeniu przemawia ten fakt, że jeżeli, z chwilą gdy po wycięciu ruchowej okolicy kory mózgowej u psa lub małpy, objawy zupełnie ustępują i w tym czasie drażnimy tę samą okolicę po stronie drugiej, to wywołujemy tylko ruchy po stronie przeciwnej, a nigdy po tej samej, co by musiało nastąpić, gdyby ta okolica w obecnym stanie zwierzęcia kierowała ruchami i po tej samej stronie. Wypada więc przy-

Rycina 207.



Mózg małpy według Munka.

jąć, że to uzupełnienie wypadniętych funkcji uskutecznia się albo za pomocą niższych ośrodków położonych w każdej półkuli, albo za pomocą innych okolic samej kory, które drogą kształcenia się, dzięki połączeniom, które znajdujemy w korze mózgowej, funkcye te wykonywają.

Oprócz tych doświadczeń na zwierzętach, istnieje jeszcze cały szereg spostrzeżeń na ludziach, które również przemawiają za tem, że rozmaite okolice kory mózgowej, tak pod względem czucia, jak i ruchów, są wyspecyalizowane i odpowiadają pewnym okolicom naszego ciała, tak, iż i u człowieka musimy przyjąć podobne pola ruchowe i czuciowe w korze mózgowej. Podług badań Exnera, okolice te zajmują również *sulcus centralis* i *gyrus praecentralis* i *postcentralis*, a w części także

gyrus paracentralis. Jeżeli w tych okolicach zachodzi jakaś sprawa chorobowa, albo urazowe uszkodzenie: wynaczynienie krwi, wypuklenie kości czaszki wskutek uderzenia i t. p., również obserwujemy zaburzenia w ruchach i czuciu odpowiednich kończyn. Jako szczególny objaw u człowieka występują jeszcze zaburzenia w mowie. Pierwszy Broca około roku 1820 stwierdził podczas sekcji anatomicznych, że w bardzo wielu przypadkach zaburzeń lub utraty mowy, sprawa chorobowa była zlokalizowana około *fossa Sylvii*, a mianowicie w III zawoju czołowym i wysepce Raleigha, w tej zatem okolicy musiały leżeć ośrodki, kierujące mową. Na szczególną uwagę zasługuje w tym względzie ta okoliczność, że funkcya mowy jest przeważnie zlokalizowana po jednej stronie, mianowicie po lewej, i że w razie uszkodzenia tej części mózgu, nie może być ona zastąpiona drugą stroną symetryczną. Fakt ten możemy sobie tłumaczyć w ten sposób, że wogóle przeważna część ludzi, wskutek częstszego używania prawej ręki do wykonywania rozmaitych drobnych ruchów, ma lewą półkulę mózgu więcej rozwiniętą, że ten jednostronny rozwój sprawia, że podczas gdy się uczymy mówić także w tej półkuli lepiej się rozwija ośrodek mowy. Zniszczenie tej okolicy u człowieka, podobnie jak i u zwierząt, zupełnie nie pociąga za sobą porażenia mięśni języka, lecz tylko uniemożliwia te ruchy, które podczas wydawania dźwięków mowy, ze strony mięśni krtani i języka muszą być wykonywane.

Z jednej więc strony spostrzeżenia objawów, występujących podczas drażnienia kory mózgowej, z drugiej zachowanie się zwierząt, szczególnie wyższych, po wycięciu pewnych części kory, lub tylko po jej uszkodzeniu, a w końcu sprawy patologiczne, przebiegające w korze mózgowej u człowieka, dowodzą niewątpliwie, że wszelkie czucia, które odbieramy za pomocą naszych zmysłów, mogą się jako takie ujawniać w naszej świadomości tylko z udziałem warstwy korowej mózgu, a z drugiej strony, że wszelkie impulsy do ruchów, które uważamy za dowolne, rzeczywiście wychodzą także tylko z kory mózgowej.

Nietylko jednak doświadczenia fizjologiczne, lecz także badania anatomiczne i histologiczne, przemawiają za tem, że istnieje bezpośrednie połączenie powierzchni czuciowej i narządów ruchowych z korą mózgową, i że połączenie takie przedstawia tak zwany wieniec pręcikowy (*Stabkranz*), przechodzący przez *capsula interna* do odnóg mózgu, skąd idzie dalej do mostu i rdzenia. Cały ten wieniec pręcikowy składa się z licznych przewodów dośrodkowych i odśrodkowych, z których jedne tworzą *tegmentum* w moście i przebiegają tylnymi sznurami, dru-

gie jako sznury piramidalne, po skrzyżowaniu się częściowem w rdzeniu przedłużonym przebiegają w rdzeniu pacierzowym, jako sznury przednie i boczne. I rzeczywiście Türk wspólnie z Schifferdeckerem na zwierzętach wykazali, że uszkodzenie kory mózgowej, lub jej wycięcie pociąga za sobą zstępującą degeneracyą włókien *capsulae internae*, odnóg mózgowych, piramid, bocznych i przednich sznurów, co może służyć jako dowód, że włókna te są wypustkami tych komórek nerwowych, które leżały w wyciętych częściach mózgu.

Wprzód nim przejdziemy do dalszych doświadczeń, musimy się chwilowo zatrzymać nad badaniami, które mają szczególnie na względzie wyjaśnienie stosunków kory mózgowej do narządów zmysłowych. Gdy spostrzeżono, że po wycięciu lub uszkodzeniu przednich części kory mózgowej u psów w okolicy *sulcus cruciatus*, następują pewne zaburzenia w sferze czuć skórnych, odrazu nasunęła się myśl i potrzeba szukania takich okolic, któreby w podobnych stosunkach pozostawały do wszystkich innych narządów zmysłowych. Takie badania przeprowadzili pierwsi Munk i Ferrier i znaleźli, że okolica czuciowa dla oka leży w płacie potylicznym w punktach *A* i *F'* (patrz ryc. 206 i 207), wycięcie bowiem tych okolic wprawdzie nie pociąga za sobą zupełnej utraty wzroku ale wywołuje tak zwaną *hemianopsyę*, którą łatwo sobie wytłumaczymy, jeżeli uwzględnimy, że u psa i niższych zwierząt skrzyżowanie nerwów ocznych (*chiasma*) nie jest kompletne; tak na przykład pies pozbawiony tej części mózgu, nie poznaje znanej mu dobrze osoby, nie widzi pokarmów, znajdujących się w polu widzenia strony uszkodzonej obu ocz. Jeżeli te okolice wytniemy w obu półkulach, to jakkolwiek nie obserwujemy żadnych porażań mięśni i utraty czucia dotykowego, jednakże zwierzę wogóle zachowuje się jak zupełnie ślepe. Objawy te, jeżeli wycięcie dokonane zostało z jednej strony, po pewnym czasie znacznie słabną, jakkolwiek po stronie uszkodzonej widzenie zawsze zostaje upośledzone. Ten sam zabieg u małpy pociąga za sobą, o ile jest jednostronny, większe, niż u psa, zaburzenia i w mniejszym stopniu ustępujące z czasem; *hemianopsia* jest także wybitna. Jeżeli dokonamy kompletnego wycięcia, to zwierzę staje się ślepem, a jakkolwiek ruchy tracą nieco na pewności, to jednakże żadnych większych zboczeń dostrzec w nich nie można. Bliższa obserwacya tych zwierząt, jak przytoczymy niżej, wykazuje, że ślepotą nie jest kompletna; poruszając się w pokoju zwierzęta omijają lub usuwają przeszkody, jednak nie widzą pokarmów, dopóki ich nie dotkną, jak na przykład małpy, lub nie poczują węchem, jak psy; nie widzą osób stojących przed niemi, psy nie poznają

swego pana, nie widzą, czy się zamierzamy na nie kijem i tem się nie straszą i t. p. Wobec tego autorowie odróżniają dwojakiego rodzaju ślepotę: ślepotę na światło wogóle, np. u zwierząt zupełnie pozbawionych oczu, lub ze zniszczonym całym narządem nerwowym oka, i ślepotę psychiczną, gdy u zwierzęcia nie powstają obrazy pamięciowe i wyobrażenia wzrokowe: pies dlatego nie poznaje swego pana, chociaż wrażenia świetlne odczuwa i obecność przedmiotów widzi, ponieważ obraz pamięciowy tego pana wskutek zniszczenia odpowiednich okolic kory mózgowej, wcale się nie wytwarza. Munk na podstawie głównie swoich obserwacji, przychodzi do stanowczego wniosku, że u zwierząt z wyciętymi obydwoma okolicami wzrokowymi kory mózgowej, cały zakres sfery psychicznej wzrokowej nie istnieje.

Próbowano także okolice wzrokowe drażnić bezpośrednio. Otóż podczas drażnienia albo nie obserwowano żadnych zmian, albo tylko ruchy oczu i źrenic. Ruchy te, podług niektórych autorów, są następstwem subiektywnych czuć i wyobrażeń, które powstają wskutek podrażnienia tej okolicy i stosownie do których przystosowuje się także położenie oka, lub jego stan.

Podobną okolicę znaleziono także dla ucha, jako okolicę słuchową, w części skroniowej (patrz *B.* na ryc. 207 *B.*). Zwierzę po wycięciu tej okolicy, po jednej lub obu stronach staje się głuchem i nie rozumie nawoływania. Ten szereg badań jest oczywiście bardzo trudny do przeprowadzenia u zwierząt i dlatego wypada zauważyć, że więcej na podstawie analogii, niż dowodów, zebranych z obserwacji, autorowie, jak n. p. Munk, przyjmują sferę psychiczną słuchową, której pozbawienie wywołuje tak zwaną głuchotę psychiczną.

Analogiczna sfera dla zmysłu powonienia ma się znajdować w *gyrus hippocampus*.

Ponieważ po zniszczeniu kory mózgowej w jednym z tych miejsc, o których dopiero co mówiliśmy, występuje tylko ślepota, głuchota, lub brak powonienia, jako stany psychiczne, pewne jednakże oddziaływanie tych narządów pozostaje, więc oczywiście zwierzę wrażenia wzrokowe, słuchowe i t. d. odbiera i odpowiednio do nich może modyfikować swoje ruchy; wobec tego wypada przypuścić, że obok ośrodków kory mózgowej, w których powstają obrazy wzrokowe, słuchowe i t. p., a więc stany psychiczne, istnieją inne jeszcze ośrodki, w których powstają przedewszystkiem wrażenia z odpowiednich zmysłów; ośrodki te nazywano podkorowymi. Otóż takie ośrodki dla wzroku mają leżeć we wzgórkach wzrokowych (*thalami optici*), dla słuchu w rdzeniu przedłu-

żonym, dla powonienia w opuszcze węchowej (*bulbus olfactorius*). Połączenie więc narządów zmysłowych z korą mózgową byłoby analogiczne do połączeń nerwów czuciowych, przebiegających przez rdzeń. Każdy impuls dochodzący przez nerw wzrokowy, słuchowy i t. d. nasamprzód mógłby, za pośrednictwem ośrodków podkorowych, udzielać się wprost, niejako w drodze odruchowej, niższym okolicom układu nerwowego, z drugiej strony wskutek połączeń z korą może dochodzić do ośrodków tej ostatniej i dopiero tu wywoływać właściwe czucia.

3) Wycinanie większych okolic lub całkowite półkul mózgowych. Na zapatrywanie o istnieniu ściśle określonych okolic w korze mózgowej, przeznaczonych do pewnych tylko funkcji, jak zaznaczyliśmy wyżej, nie wszyscy się godzą. Przedstawicielem najwybitniejszym tego przeciwnego zdania jest niewątpliwie Goltz, który też całym szeregiem swoich doświadczeń starał się udowodnić brak dostatecznego uzasadnienia tej teorii przez jej zwolenników. Postępował on się wycinaniem większych okolic mózgu i obserwował objawy występujące w okresie, gdy wszelkie pierwsze skutki uszkodzenia już ustąpiły, czyli obserwował tak zwane zmiany stacjonarne. Niewątpliwie, że te objawy, na co zresztą i sam Goltz się zgadza, nie odpowiadają ściśle tym, które musiałyby nastąpić wskutek usunięcia pewnych części mózgu, co pochodzi z dwojakiego źródła. 1) Nasamprzód wskutek licznych połączeń, które istnieją w mózgu i jego częściach, wytwarza się niewątpliwie pewne zastępstwo; 2) autor i jego zwolennicy zdaje się niedostatecznie uwzględniają jeszcze jedną okoliczność, a mianowicie że układ nerwowy posiada zdolność kształcenia się. Że w okresie rozwoju u dzieci, od chwili urodzenia, stopniowo, wskutek odbieranych wrażeń kształci się mózg, i że dziecko stopniowo też coraz więcej przystosowuje swoje ruchy do osiągnięcia pewnego celu, prawdopodobnie nikt obecnie nie wątpi; nie ma też racji wątpić, że tak samo może kształcić się mózg dorosłego zwierzęcia lub człowieka, skoro występuje jakiś brak, wskutek zniszczenia pewnych okolic, z powodu którego organizm pewnych czynności wykonać nie może. Budowa układu nerwego, nadzwyczaj liczne połączenia neuronów za pomocą rozgałęzień wypustek drzewkowatych i samych komórek, nie tylko temu nie przeczą, lecz przeciwnie przemawiają za możliwością podobnego kształcenia się, wyrabiania się nowych dróg. Otóż stąd wynikają całe szeregi uzupełnień, które z powodu braku pewnej części mózgu kosztem części innych mogą być osiągnięte, i dlatego w okresie zmian stałych Goltz obserwował właściwie tylko te minimalne zmiany, których już w żaden sposób ustrój usunąć nie mógł,

ani drogą bezpośredniego zastępstwa, ani drogą dalszego kształcenia się układu nerwowego. Główne wyniki spostrzeżeń Goltza są następujące:

1) *Wycięcie lub uszkodzenie przedniej lub tylnej części jednej półkuli mózgowej.* Jeżeli wycięto przednią część jednej półkuli, to w okresie zmian stacyonarnych występuje nieznaczne osłabienie czucia i nieznaczne zmiany w ruchach kończyn po stronie przeciwnej. Zwierzę chętniej wykonywa ruchy wyuczone, odpowiadające półkuli nieuszkodzonej: chodząc po stole, zwrócone stroną uszkodzoną na zewnątrz, podobnie jak w wyżej przytoczonych doświadczeniach, usuwa te kończyny ze stołu, chodząc po drabince, ustawionej poziomo, ustawia je po części niepewnie, lub zapada się pomiędzy szczeble; w ruchach na podłodze nie okazuje szczególnych zmian. Wycięcie tylnej części półkuli, nie pociąga za sobą takich zaburzeń w ruchach, jak wyżej, jakkolwiek nieznaczne upośledzenie ruchów daje się spostrzedz; zato wybitnie występuje upośledzenie wzroku — rodzaj hemianopsyi.

2) *Wycięcie przednich części obu półkul* sprowadza zmiany bardzo znaczne, szczególnie w ruchach: zwierzę może wprowadzić stać i biegać, lecz zależy to od rozmiarów wyciętych części; jeżeli wycięcie sięga poza *gyrus sigmoides*, to chód i bieganie staje się prawie niemożliwe, a w każdym razie ruchy są niezgrabne, zwierzę powłóczy nogi za sobą, spada ze stołu, nie umie trzymać kości, podawać łapy, nie staje na tylnych łapach, nawet często nie może jeść twardych pokarmów, natomiast czucie skórne niekiedy jest jakby podniesione, a odruchy są w każdym razie znacznie zwiększone; widzenie jest nieco osłabione, lecz zwierzę poznaje niektóre duże przedmioty, chociaż małych nie widzi, słyszy, czuje głód i sytość, lecz przedstawia zmiany usposobienia, jest złe, rzuca się na każdego obcego psa, wogóle przedstawia wybitne zmiany odmiennego stanu psychicznego, w końcu słabnie, chudnie i często miewa napady epileptyczne.

3) *Wycięcie tylnych części obu półkul* powoduje zaburzenia nieznaczne w ruchach: pies może trzymać kość w łapie, chodzić po drabince zupełnie dobrze, jednak nie poznaje osób, które poznawał przed operacją, nie boi się ruchów groźących; chodząc po pokoju omija przedmioty, przyczem często omija przeszkody urojone, na przykład kawałek papieru na podłodze, boi się wejść pomiędzy próżne miski, widzi więc przedmioty, lecz bezmyślnie. Słuch jest także upośledzony, nawet strzelanie z pistoletu nad uchem nie wyprowadza psa z równowagi; zachowuje powonienie tylko nieco osłabione, odruchy są prawidłowe, a zwierzę jest obojętne, przytem potulne, łagodne, dobre.

4) *Wycięcie całkowite lewej półkuli* u psa nie przedstawia w okresie zmian stacyonarnych żadnych napozór zmian: zwierzę jest posłuszne na wołanie, rusza ogonem, chodzi i biega, jednakże ruchy prawej strony są niezupełnie prawidłowe, kość bierze zawsze lewą łapą, na drabince zapada się prawą; czucie skórne z prawej strony upośledzone, zwierzę jest mniej wesołe i mniej inteligentne, nie przedstawia żadnych porażeń.

5) *Wycięcie przednich części obu półkul* u psa, u którego tylna część jednej półkuli była zniszczona wskutek sprawy zapalnej: objawy były bardzo ciężkie, pies nie umiał ani jeść, ani pić i nie mógł się tego nauczyć, lecz pozwalał się karmić, nie przedstawiał porażeń, a jednak nie mógł chodzić, wzrok był bardzo upośledzony, zaledwo słabe widzenie.

Widzimy zatem, i z tych doświadczeń, że nie wszystkie części mózgu mają jednakowe znaczenie nietylko dla ruchów i czuć, ale także dla funkcji psychicznych. Doświadczenia te dowodziłyby tylko jednego, a mianowicie, że sfery w korze mózgowej nie są tak ściśle odgraniczone, jakby na podstawie pierwszych doświadczeń oczekiwać było można.

Z badań tych może się nasunąć jeszcze jedna kwestya, a mianowicie, czy okolice ruchowe kory mózgowej, które wskutek podrażnienia powodują ruchy, odpowiadają ściśle tym, których wycięcie pociąga za sobą upośledzenie tychże ruchów, lub wypadnięcie funkcji. Otóż liczne badania, które obecnie mamy do dyspozycji, świadczą, że rzeczywiście takiej odpowiedniości nie spotykamy, że te sfery rzeczywiście nie są tak ściśle odgraniczone, że rozmaite sfery mieszają się z sobą, jakby zachodzą jedna na drugą. Pod tym względem są bardzo ważne, jak wspomnieliśmy wyżej, doświadczenia, wprawdzie nieliczne Moricka, Panneta i Exnera, w których, zamiast wycinania *gyrus sigmoides*, autorowie tę okolicę obcinali za pomocą cięcia prostopadłego do kory mózgowej w głąb na 6—7 mm. Zwierzęta tak operowane przedstawiały wszystkie objawy, któreśmy obserwowali po wycięciu tych samych części: same zaburzenia w ruchach i czuciu. Drażnienie bezpośrednio, jak to już podaliśmy wyżej, dawało takie same ruchy, jak drażnienie okolicy zupełnie prawidłowej; lecz najciekawszą rzeczą jest to, że nawet zmiany stacyonarne były te same, jak po zupełnem wycięciu tego zawoju. Otóż na podstawie tych doświadczeń można rzeczywiście wnosić, że impulsy odśrodkowe wychodzą faktycznie z tych okolic, które nazwaliśmy psychomotorycznemi, lecz że impulsy, służące do tego, ażeby w stanie prawidłowym powstały impulsy odśrodkowe, pochodzą z okolic otaczają-

ych *gyrus sigmoides*, że stosunki są tu o wiele więcej złożone, niż na pozór by się wydawało. Jeżeli przyjmniemy nawet, że impulsy ośrodkowe powstają wskutek pewnych wyobrażeń, jak to przyjmują niektórzy angielscy badacze, to trzeba również przyjąć, że te wyobrażenia są skutkiem całego szeregu skomplikowanych spraw, odbywających się w korze, których wyniki w rzeczywistości odbijają się w ośrodkach ruchowych, za pomocą dróg i komunikacyj tam istniejących. Przecięcie pionowe w głób, niszcząc te drogi assocyacyjne, pociąga za sobą te same skutki, jak i wycięcie samej okolicy, z której impulsy ośrodkowe w warunkach prawidłowych wychodzą. Oczywiście jest rzeczą, że jeżeli wskutek takiego przecięcia zostają zniszczone wszystkie komunikacje, które niezbędne są do wytworzenia pewnych stanów psychicznych, jak na przykład wyobrażeń pewnych ruchów, to zaburzenia w ruchach muszą wystąpić zupełnie takie same, jakie występują po wycięciu tej części, gdyż te wyobrażenia również powstawać nie mogą.

4) Zmiany elektryczne w korze mózgowej. Pozostaje nam jeszcze rozważyć obecnie szereg doświadczeń odnoszących się do zmian elektrycznych w korze mózgowej. Z doświadczeń Siechenowa było wiadomo, że pewne zmiany elektryczne w rdzeniu przedłużonym, wypadają najprawdopodobniej odnieść do powstawania stanu czynnego w ośrodkach nerwowych tego narządu. Otóż ta okoliczność nasunęła myśl, że w korze mózgowej, — jeżeli przypuszczenia są prawdziwe, że w sferze motorycznej powstają wyobrażenia ruchów, które ruchy powodują, — stan czynny tej sfery musi przedstawiać pewne zmiany elektryczne, jak również, jeżeli w sferze czuciowej powstają pewne wyobrażenia, wywołane czuciami wzrokowymi, słuchowymi i t. p., to tym stanom czynnym ośrodków muszą odpowiadać także pewne zmiany elektryczne. Myśl ta tem większą ma wagę, że podczas, gdy w badaniach ruchów doświadczenia były przeprowadzane w dwojakim kierunku, mianowicie raz starano się wywołać czynność pewnych ośrodków, drugi raz obserwowano wypadnięcie funkcji wskutek wycinania tych samych ośrodków, w badaniach sfery czuciowej dotychczas musiano się ograniczyć wyłącznie tylko do drugiej kategorii badań, t. j. do obserwacji zmian wskutek wypadnięcia funkcji. Badania przeprowadzone przez Becka, oraz wspólnie ze mną, na psach i małpach, wykazały, że rzeczywiście rzecz się tak ma, jak przypuszczaliśmy. Z jednej strony, jeżeli odprowadzimy prąd elektryczny z okolic ruchowych i jeżeli w nich powstają impulsy do ruchów samoistnych, ruchom tym zawsze towarzyszą zmiany elektryczne w odpowiednich częściach

kory mózgowej, objawiające się obniżeniem potencjału tej okolicy; z drugiej stwierdziliśmy, że wszelkie impulsy dośrodkowe, szczególnie wywołane w warunkach takich, wśród których powstają impulsy fizjologiczne, wywołujące zmiany w korze mózgowej, objawiają się również przeważnie obniżeniem potencjału elektrycznego tych miejsc, których zniszczenie pociągało za sobą zwykle obniżenie czuć tych samych okolic skóry. W ten sposób udało się przynajmniej dla kończyn i w części dla oka znaleźć miejsca, w których te zmiany wskutek impulsów dośrodkowych występują, i na podstawie tych badań skontrolować plan ośrodków sensorycznych. Porównanie tego planu z tym, który podaje Ferier, wykazuje, że zmiany elektryczne występują w tych samych okolicach, na które wskazywał Ferier, jakkolwiek nie są tak rozległe, jak to na podstawie wycięć przypuszczać było można. Ta różnica jest zresztą zupełnie zrozumiała, gdyż, jak wielokrotnie zauważyliśmy, wycięcie musi pociągać za sobą nie tylko wypadnięcie tej funkcji, której ośrodków zostały wycięte, lecz i wypadnięcie funkcji wszystkich tych ośrodków, które z tą okolicą były w połączeniu, i za jej pośrednictwem mogły być wprawione w stan czynny, a nawet tych, których połączenia tylko przez miejsce wycięte przechodziły. Oczywiście, że szereg objawów po wycięciu musiał wykazywać brak daleko obszerniejszego pola, które w rzeczywistości nie było wycięte.

Jeżeli teraz zestawimy wszystkie te doświadczenia, oraz jeżeli się uwzględni przypadki patologiczne na człowieku zebrane przez Exnera i innych, to pomimo sprzeczności, które one przedstawiają, pomimo licznych jeszcze braków i kwestji wątpliwych, które się nasuwają, zdaje mi się, że będziemy mieli prawo przyjąć, że w rzeczywistości, w korze mózgowej, podobnie jak w rdzeniu pacierzowym i przedłużonym i w środkowych częściach mózgu, ośrodki nerwowe są ułożone w grupy, z których każda spełnia właściwe sobie funkcje.

Z obserwacji na człowieku na szczególną uwagę zasługują zaburzenia w mowie, wskutek uszkodzenia pewnych okolic kory mózgowej, które objawiają się w czworaki sposób: 1) Mogą polegać tylko na tem, że chory nie może wymówić żadnego wyrazu — jest to tak zwana *afazya*. 2) Chory sam wymawia wyrazy i zupełnie dokładnie rozumie ich treść, lecz nie może zrozumieć wyrazów wymawianych przez osobę drugą — jest to tak zwana *głuchota na słowa*. 3) Chory może wymawiać i rozumieć wyrazy słyszane, lecz nie może napisać żadnego wyrazu, jakkolwiek czytając je rozumie — jest to *agrafia*. 4) Chory nie rozumie napisanych wyrazów.

U chorych takich, jakkolwiek nie zawsze, może być obok zmian, które przytoczyliśmy, brak wszelkich zaburzeń ruchowych lub czuciowych; liczne obserwacje sekcji podobnych chorych świadczą o tem, że zmiany w mózgu w tych przypadkach dotyczą zawsze pewnych określonych okolic. Afazya występuje, jeżeli zostaje zniszczony lewy trzeci zawój czołowy i okolica *fossae Sylvii*, głuchota na wyrazy, gdy istnieją zmiany w pewnych okolicach sfery słuchowej i t. d. Te zmiany patologiczne często są rozleglejsze, niżby objawy za tem przemawiały i co do lokalizacji nie zawsze są zgodne, dlatego też w tem miejscu ograniczę się tylko do wzmianki o nich; odpowiedniem polem dla tych badań, jest właściwie neuropatologia. Zaznaczenie tego faktu ważnem było dla nas z tego względu, że i te spostrzeżenia na człowieku, przemawiają w rzeczywistości za istnieniem wprawdzie nie tak dokładnej lokalizacji, jak wszystkie doświadczenia nad korą mózgową chciały widzieć, lecz w każdym razie wybitnie rozgraniczają funkcye.

Czynność fizyologiczna kory mózgowej. Przytoczone doświadczenia i spostrzeżenia pomimo swoich braków pozwalają już obecnie na przedstawienie przynajmniej hipotetycznego szematu czynności fizyologicznych kory mózgowej. Wszelkie wrażenia odbierane z powierzchni czuciowej, za pośrednictwem komunikacji, istniejących między rdzeniem, śródmózdżem a korą, mogą dochodzić do niej. W fizyologii zmysłów podaliśmy warunki, wśród których wrażenia do kory dochodzą i tu objawiają się jako wrażenia świadome, jako uczucia. Chociaż połączenia w korze mózgowej w ogólnych zarysach podobne są do tych, które mamy w rdzeniu, a które niekiedy przedstawiają łuki podobne do odruchowych, to jednakże przebieg stanu czynnego w tych łukach, tem się różni, że z chwilą, gdy w nich powstaje stan czynny, czynności tej towarzyszy nowe zjawisko, mianowicie stan świadomości, a nadto tem, że czynność wywołana w korze mózgowej niekoniecznie musi przejść na drogi odśrodkowe i objawić się na zewnątrz w postaci ruchu, lecz może pozostać w korze mózgowej; tu jednak, ona nie zanika bez śladu, lecz przeciwnie udziela się innym okolicom kory mózgowej i wprowadza je również w stan czynny, słowem musimy tu przyjąć zdolność do wzajemnego udzielania sobie stanów czynnych pomiędzy rozmaitemi częściami mózgu. Stan czynny, przeniesiony na nowe okolice, ma te same cechy, jakie ma stan czynny pierwszy, t. j. jest także świadomy. To wzajemne udzielanie się stanu czynnego jest podstawą tak zwanej asocjacji stanów świadomych. Asocjacje te mogą przebiegać zupełnie niezależnie od wrażeń nowych, które ustrój odbiera, lub od nowych czuć,

lecz mogą być niejako podsycone temi czuciami i przez nie modyfikowane. Ten kolejno rozwijający się szereg stanów czynnych psychicznych nazywamy myśleniem; w warunkach prawidłowych rozwija się on podług pewnych, jak dziś możemy sądzić, stałych i niezmiennych praw, tak zwanych praw logiki. Uświadomienie wrażeń odbieranych z powierzchni czuciowej nazywamy postrzeżeniem. Obserwacye nas pouczają, że postrzeżenia są to stany złożone, zależne od czuć, i zależność ta, o ile dotychczas sądzić można, polega głównie na tem, że czucia nie od razu stają się postrzeżeniami, lecz tylko w miarę powtarzania się ich. Każde czucie pozostawia po sobie pewne ślady, z tych śladów wytwarza się obraz wspomnieniowy (*Erinnerungsbild*), i dopiero wtedy, gdy materiał do nich jest przygotowany, mogą czucia wywoływać postrzeżenia. Zbiór takich obrazów wspomnieniowych stanowi doświadczenie. Każde wzniesienie takich obrazów, a więc wprawienie w stan czynny tej grupy ośrodków, w której obraz powstaje, może stanowić wyobrażenie. Do wywołania wyobrażenia, jak również wzniesienia wspomnieniowych obrazów, służą z jednej strony czucia, lecz mogą one z drugiej strony być wywołane także za pomocą impulsów, wychodzących z innych części kory mózgowej, gdy w tych powstają inne wyobrażenia, i właśnie w ten sposób, wskutek wzajemnego oddziaływania na siebie rozmaitych części mózgu, powstają asocyacye wyobrażeń. Badanie tych kwestyi należy do innej dziedziny, do psychologii, tu one nas obchodzą tylko o tyle, o ile uważamy je za zmiany materialne w samej korze mózgowej; te zmiany materialne, jak zauważyliśmy, w rzeczywistości istnieją, skoro się objawiają chociażby zmianami elektrycznemi. Jak doświadczenie jest zbiorem obrazów wspomnieniowych, tak potęga umysłu i jego zasób zależy od ilości tych obrazów, łatwości asocyacji i ich prawidłowości, albowiem suma cała obrazów wspomnieniowych i wyobrażeń, stanowi treść naszego umysłu. Wobec tych stosunków, każdy nasz akt dowolny możemy uważać za wynik kombinacji odbieranych czuć z temi sprawami, które przebiegają w samym mózgu, a które oczywiście są w wysokim stopniu złożone, i jakkolwiek wskutek tej złożoności niepodobna jest ująć spraw tu przebiegających w pewną regułę, to jednakże obserwacye nad ludźmi i zwierzętami, stanowczo nas przekonują, że one podlegają pewnym regułom i dlatego znając treść umysłu człowieka, znając jego charakter, można w bardzo wielu razach z góry przepowiedzieć, w jaki sposób on się zachowa wobec pewnych faktów, lub zjawisk.

Pytanie, gdzie właściwie odbywa się cały ten proces, czy w sa-

mej korze mózgowej, w jej komórkach i ich protoplazmie, czy w drzewkowatych rozgałęzieniach, dotychczas nie jest rozstrzygnięte, a nawet nie posiadamy żadnych faktów, któreby za jakąkolwiek hipotezą w tym względzie przemawiały. Sprawy omawiane, o ile są świadome, tak są odmiennej natury, że dotychczas nie zdołano znaleźć cech łączących je ze światem materialnym, prócz tego, że niezbędnem podścieliskiem tych spraw jest układ nerwowy. Jedyną tylko właściwością, którą one dotychczas dzielą ze zjawiskami świata materialnego, jest ich trwanie, które było i jest przedmiotem ciągłych badań psychologicznych.

Sen.

Czynność kory mózgowej różni się jeszcze tem od czynności rdzenia i reszty części mózgu, o ile je doświadczalnie można na zwierzętach porównywać, że podczas gdy odruchy proste lub skojarzone, dopóki zwierzę żyje, odbywają się zawsze jednakowo, czynności psychiczne przedstawiają pewne stałe, okresowe wahania, polegające na występowaniu ich z mniejszem lub większem natężeniem i na częściowem lub zupełnem ich zawieszeniu. To częściowe lub zupełne zawieszenie czynności psychicznych, występuje okresowo i nazywamy je *snem*.

Już w IV rozdziale fizjologii wspomnieliśmy, że ośrodki kory mózgowej są najbardziej wrażliwe na brak tlenu i brak odżywiania; wszelkie zmniejszenie dopływu krwi do mózgu w pierwszym rzędzie pociąga za sobą zawieszenie funkcji kory mózgowej, objawiające się brakiem ruchów dowolnych i utratą świadomości. To też bardzo prostem wydawało się przypuszczenie, że sen jest następstwem zmian w krążeniu krwi, że jest niejako wynikiem niedostatecznego odżywiania kory mózgowej i jakby okresowem zemdleniem. Takie też tłumaczenie snu stawiali dawniejsi badacze. Jednakże wystarczy prosta obserwacja dwóch ludzi, śpiącego i zemdłego, aby widzieć, że podobieństwo to jest tylko pozorne i że dwa te stany muszą zależeć od zupełnie innych przyczyn. Zaczęto tedy szukać innego wytłumaczenia snu i upatrywano je w znuzeniu układu nerwowego i mięśniowego: całodzienna czynność ustroju pociąga za sobą nagromadzenie się pewnych produktów chemicznych w rodzaju na przykład kwasu mlekowego, we wszystkich jego narządach, które następnie, wskutek kumulacji w ośrodkach nerwowych, powodują zawieszenie ich czynności. Większa część autorów do dziś dnia w tem upatruje przyczynę snu, jakkolwiek charakterystyczne cechy i właściwości snu temu przeczą. Wszystkim wiadomo, że najbardziej znudzony człowiek, śpiący najtwardszym snem, może się natychmiast

rozbudzić, jeżeli zajdą warunki, gdzie czuwanie jest niezbędnem, naprzykład podczas pożaru, może wrócić do kompletnej świadomości i dalej pracować. Gdyby więc zmiany, powodujące sen, występowały wskutek nagromadzenia się owych produktów chemicznych, niepodobna byłoby przypuścić, ażeby owe chemiczne substancje naraz przestały działać; wszak wiemy, że człowiek uspiiony chloroformem lub jakimkolwiek innym środkiem nasennym nie może być zbudzony nagle, przeciwnie powrót do stanu zupełnej świadomości odbywa się tylko bardzo powoli.

Przedewszystkiem podczas snu zostają zawieszone albo w znacznym stopniu przytłumione wszelkie czynności kory mózgowej, wrażenia zaś odbierane podczas snu nie wywołują stanów świadomości. W warunkach zwykłych, stan ten nie występuje odrazu; początkowo zjawia się tak zwana senność, potrzeba i pożądanie uśnięcia. W tym stanie świadomość już nie jest kompletną i można na sobie obserwować, że cała sfera świadomości stopniowo zaczyna się zmniejszać i że stopniowo zdajemy sobie sprawę z coraz mniejszego zakresu zjawisk. Słuchając naprzykład długiego wykładu, lub kazania, można zapomnieć, gdzie się znajdujemy, nie zdawać sobie sprawy z otoczenia, a słyszeć jeszcze pojedyncze wyrazy, jakkolwiek całość przedmiotu przestaje być zrozumiałą. Następnie czuje się coraz większą senność, tak, iż tylko pojedyncze silniejsze wrażenia zwracają naszą uwagę, aż w końcu tracimy zupełnie świadomość i pamięć, — następuje sen. W warunkach codziennego życia do wywołania snu przyczyniają się rozmaite okoliczności, jak np. zwykłe przyzwyczajenie do warunków i czasu, w którym się zasypia, pewne mniej lub więcej wygodne położenie ciała, cisza, ciemność i monotonne wrażenia.

Obserwując sen w warunkach normalnych możemy stwierdzić, jak to wykazał Kohlschütter, że głębokość usypiania, czyli, co na jedno wychodzi, łatwość przebudzenia się, jest niejednakowa w rozmaitych okresach snu. Od chwili utraty świadomości, głębokość snu bardzo szybko w ciągu pierwszej godziny wzrasta i szybko dochodzi do *maximum*, następnie w ciągu dwu- do trzech godzin stopniowo się zmniejsza i pozostaje na jednakowym poziomie bardzo niskim, tak, że najmniejsze wrażenie zdolne jest przywrócić świadomość. Ten przebieg można zawsze wykazać w każdym śnie, nawet wywołanym sztucznie, naprzykład po większem użyciu napojów wysokowych.

Obserwując zachowanie się rozmaitych funkcji ustroju podczas snu, możemy zauważyć fakta, na które zresztą wszyscy się godzą, że w okresie głębokiego snu wogóle wszystkie funkcje przedstawiają mniej-

sze lub większe obniżenie, a co ważniejsza, że nawet odruchy są upośledzone, które w okresie pierwszym i drugim snu, przeciwnie mogą być znacznie podniesione. Co do zmian w innych czynnościach ustroju zauważono zwolnienie oddechania z jednoczesnem jego pogłębieniem, zmniejszenie częstości pulsu i obniżenie funkcyi wydzielniczych, jak wydzielania łez, śliny a może także i wydzielin przewodu pokarmowego, wydzielania moczu, a nawet wydzieliny z błony śluzowej nosa podczas kataru. Żrenice są zwężone. a oczy ustawione ku wewnątrz i do góry. Z doświadczeń nad szczeniętami i psami wiadomo, że ciśnienie krwi nieco się podczas snu obniża, jednak nie przedstawia uwagi godnych wahań, prócz zwolnienia pulsu i oddechania.

Do postawienia teoryi snu, bardzo ważne znaczenie mają doświadczenia Tarchanowa na usypiających i śpiących normalnym snem, szczeniętach. Wywołując odruchy u takich zwierząt, można się przekonać, że w okresie głębokiego snu odruchy rdzenia są obniżone i że twierdzenie, jakoby w czasie snu odruchy były zawsze podniesione, jest niesłuszne; natomiast, jeżeli się u takiego zwierzęcia przetnie rdzeń paccierzowy w części lędźwiowej. lub piersiowej i następnie pozwala mu usnąć, to w czasie snu zachowanie się zwierzęcia jest odmienne: w górnej połowie odruchy są obniżone, w dolnej normalne, jak podczas czuwania, i przez cały czas snu, odruchy w dolnej części się nie zmieniają.

Ten wprawdzie jedyny fakt wraz z przebiegiem snu w okresie usypiania i budzenia się przemawia za tem, że sen zależy najprawdopodobniej od tej kategorii zjawisk, które zaliczyliśmy do kategorii hamowania i że podczas snu wpływy te obejmują nie tylko mózg, lecz także z mózgu rozchodzą się na rdzeń. Można by więc przypuścić, że w czynności naszych ośrodków nerwowych, a szczególnie kory mózgowej zachodzą dwojakie zmiany: pierwsze, wskutek których pobudliwość tych ośrodków się zwiększa i wtedy występują czynności, które wogóle zaliczamy do tak zwanych czynności dynamicznych: stany psychiczne i czynności nerwowe, i drugie, w których pobudliwość się zmniejsza i wskutek tego czynności dynamiczne zostają zawieszone. Okresy tych zmian, ich następcość, zależą już od natury samej protoplazmy nerwowej i nie zostają wywołane ani produktami chemicznymi, ani zmianami w krążeniu krwi, lecz występują samoistnie, jak wiele czynności okresowych układu nerwowego. Jak podczas stanów świadomych ta prawidłowość, którą obserwujemy w szeregu asocjacji, zależy najprawdopodobniej od tego, że w ośrodkach najwyższych mózgu, czynność jednego hamuje lub osłabia impulsy wszystkich innych, tak i we

śnie te hamujące wpływy rozchodzą się z kory mózgowej na cały układ mózgowo-rdzeniowy i pociągają za sobą obniżenie właściwych funkcji tego układu; a ponieważ wzajemne oddziaływanie najwyraźniej występuje w ośrodkach kory mózgowej, więc oczywiście i we śnie najsilniej i najdłużej pozostają one w stanie zahamowania. Dlatego też wszelkie funkcje somatyczne zostają obniżone tylko podczas głębokiego snu, podczas gdy funkcje psychiczne i sprawy uświadomienia zostają zniesione nawet podczas najbardziej powierzchownego uśpienia.

Przyjmując takie tłumaczenie przyczyny snu normalnego, możemy na tej samej zasadzie wytłumaczyć sobie i inne analogiczne objawy, jak somnambulizm i hypnotyzm.

Wpływ snu na organizm wogóle jest bardzo doniosły. W fizjologii oddychania widzieliśmy, że ustrój podczas snu wchłania więcej O , niż go wydziela w postaci CO_2 , i że O najprawdopodobniej zostaje związany z protoplazmą tkanek; otóż w tym fakcie kryje się być może wytłumaczenie tego pokrzepiającego wpływu, jaki sen wywiera na ustrój znużony pracą fizyczną lub umysłową, i tej okoliczności, dlaczego bezsenność działa tak wyczerpująco. Można przypuścić, że ciągła czynność układu nerwowego podczas czuwania, wyczerpuje ten zapas energii, którą ośrodki posiadają, jak praca fizyczna wyczerpuje mięśnie; i ażeby czynność ośrodków nerwowych mogła wystąpić na nowo w całej swej sile, potrzeba, ażeby one przez pewien czas pozostawały w zupełnym spoczynku; spoczynek zaś wobec czułości narządów zmysłowych, jest możliwy tylko, jeżeli pobudliwość ośrodków zostanie obniżoną; ta potrzeba wypoczynku spowodowała zupełnie naturalne przystosowanie się protoplazmy i tę okresową zmianę w pobudliwości. Dlatego też sen jest zjawiskiem rozpowszechnionem prawie w całej naturze żyjącej. Wobec tak wielkiego znaczenia snu, wypadałoby podać, ile godzin powinno się spać, ażeby układ nerwowy był w jaknajdogodniejszych warunkach co do swych funkcji. Badania nad snem są jednakże stosunkowo do jego ważności bardzo nieliczne i niedokładne, tak, że ogólnych reguł w tym względzie podać nie można. Wiemy tylko, że dzieci potrzebują więcej snu, niż dorośli i tem więcej im są młodsze, osoby słabe, anemiczne więcej, niż zdrowe i pełnokrwiste, starzy mniej, niż ludzie w wieku średnim. Zresztą spotykamy bardzo dużo wyjątków od tych reguł, i te wyjątki świadczą, że o długości snu decydują właściwości indywidualne każdego osobnika i stan ustroju w danej chwili.



ROZDZIAŁ XII.

Fizjologia rozmnażania się i rozwoju.

A) Fizjologia rozmnażania się.

Uwagi ogólne.

Zasadnicza różnica pomiędzy czynnościami, które mamy zamiar obecnie rozpatrzyć, a temi, o których mówiliśmy w poprzednich rozdziałach, polega na tem, że podczas gdy ostatnie mają na celu prawie wyłącznie utrzymanie życia urodzonego już osobnika, pierwsze służą wyłącznie do utrzymania gatunku.

Człowiek, podobnie jak i wyższe zwierzęta, zachowuje swój gatunek drogą rozmnażania się płciowego. Istotną czynność tego rodzaju polega na zespoleniu się dwóch specjalnych komórek: żeńskiej i męskiej mianowicie: jajka i plemnika; pochodzących z tak zwanych gruczołów płciowych dwóch osobników różnej płci; sam rozwój nowego osobnika, przynajmniej pewne jego stadya, u ssawców odbywa się również we właściwych narządach osobnika żeńskiego, które stanowią narząd płciowy żeński.

Wogóle wszystkie czynności narządu płciowego żeńskiego i męskiego, możemy podzielić na trzy kategorie: 1) czynności wstępne, przygotowawcze, polegające na wytworzeniu komórek płciowych i na przeniesieniu ich z miejsca, gdzie powstają, na miejsce, gdzie z reguły następuje zespolenie się. Ten rodzaj czynności odbywa się u każdej płci niezależnie i bez udziału płci drugiej i polega na wytwarzaniu się plemników w gruczołach nasiennych (jądrach, *testes*) u płci męskiej, jajek w jajnikach u płci żeńskiej i na ich wędrówce z jajników do wnętrza macicy. Do drugiej kategorii należy kopulacja, t. j. akt, którego zada-

niem jest połączenie się osobników obu płci w tym celu, aby komórki płci męskiej zostały przeniesione do narządów płciowych żeńskich. Akt ten spotykamy tylko u zwierząt wyższych i u człowieka. U zwierząt niższych akt ten zastępują inne czynności, przedstawiające bardzo wielką różnorodność, jednakże zawsze mające na celu umożliwienie połączenia się komórek płciowych dwu osobników różnej płci. Trzecia kategoria czynności obejmuje akt zespolenia się komórek płciowych, czyli zapłodnienie; nadto u zwierząt wyższych odrębną funkcję stanowi rozwój nowego osobnika w ciągu pewnego czasu i jego wydalenie z części rodnych żeńskich na zewnątrz, zwane porodem, wreszcie wszystkie te czynności, które mają za zadanie żywienie urodzonego płodu — t. j. karmienie oraz przywrócenie zmienionych części rodnych żeńskich do stanu prawidłowego. Wszystkie te czynności dotyczą wyłącznie płci żeńskiej, gdyż rola osobnika męskiego kończy się z chwilą przeniesienia komórki płciowej męskiej do ustroju żeńskiego.

Fizjologia narządów płciowych żeńskich.

Narządy płciowe żeńskie są częścią ukryte w najniższym odcinku jamy brzusznej — części rodne wewnętrzne, częścią leżą lub komunikują bezpośrednio z powierzchnią ciała — części rodne zewnętrzne. Do pierwszych należą: jajniki, trąbki, macica z całym aparatem więzów, do drugich pochwa, srom, niewieści i po części gruczoły mleczne.

Narządem ściśle płciowym żeńskim są jajniki, w nich bowiem wytwarzają się komórki płciowe żeńskie, zwane jajkami. Wszystkie inne części płciowe albo odgrywają tylko rolę przewodów gruczołowych, jak np. trąbki, albo mają za zadanie pomieszczenie rozwijającego się i wydalenie na zewnątrz rozwiniętego już płodu, jak macica, albo służą do aktu kopulacji, jak pochwa i srom, albo w końcu spełniają zadanie odżywiania urodzonego płodu, jak gruczoły mleczne.

Bezpłciowość i pierwsze przejawy płciowości.

Wszystko to, co będziemy mówili niżej o rozmnażaniu się płciowym, dotyczy właściwie, jak już zauważyliśmy, zwierząt wyższych, na niższych bowiem szczeblach świata zwierzęcego spotykamy jeszcze dwa inne rodzaje rozmnażania się, mianowicie wytwarzanie się elementów rozrodczych obu płci w jednym osobniku, t. j. dwupłciowość (*hermaphroditismus*), oraz powstawanie nowych osobników bez zapłodnienia, t. j. dzieworództwo (*parthenogenesis*).

Czynność rozrodczą w najprostszej postaci spotykamy u pierwotniaków (*protozoa*), t. j. istot jednokomórkowych. Kiedy istota taka, jak np. ameba, osiągnie pewnej wielkości, jądro jej dzieli się na dwie części bezpośrednio lub drogą karyokinezy. Po podziale jądra rozpoczyna się podział protoplazmy, który polega na tem, że mniej więcej w równiku komórki zjawia się rowek, wytwarza się przewężenie, które sięga coraz głębiej, aż w końcu z jednej komórki powstają dwie, z których każda zawiera połowę podzielonego przedtem jądra komórki macierzystej. Teraz każda z tych komórek rozpoczyna życie własne samodzielnie, odżywia się, wzrasta i znowu się dzieli, stanowi zatem istotę zdolną do życia i podtrzymania gatunku.

W gatunkach nieco wyższych, jak np. u wymoczka *noctiluca miliaris*, rozradzanie się jest już nieco więcej skomplikowane; każdy osobnik nie posiada już zdolności do samodzielnego rozradzania się, lecz do tego aktu wymaga zespolenia się z innym osobnikiem. Akt ten odbywa się w sposób następujący: Dwa osobniki samodzielne zbliżają się do siebie aż do zupełnego zetknięcia się, poczem protoplazma ich zlewa się w jedną całość; powstaje zatem jedna duża komórka o dwóch jądrach, które następnie również z sobą się zespalają. Po tem zespoleniu się jądro dzieli się na dwie części, jak również i protoplazma i w ten sposób powstają dwie nowe istoty. Dopiero takie dwie istoty, dzieląc się tak jak ameba, wytwarzają nową generacyą; z dwóch więc komórek powstają cztery nowe osobniki. Zauważyć jednakże wypada, że jakkolwiek w tym przypadku widzimy fakt zespolenia się dwu osobników dla wytworzenia czterech nowych, to jednakże nie dostrzegamy żadnej różnicy między tymi osobnikami, żaden z nich nie posiada cech płci męskiej lub żeńskiej. Pewne znamiona płciowości spotykamy wśród zwierząt najniższych dopiero u wymoczka *colpogium*. Tu także sprawa rozradzania się rozpoczyna od zespolenia dwóch osobników w jedną całość, lecz samo zespolenie odbywa się w inny sposób. Mianowicie po zespoleniu się protoplazmy dwu komórek, jądra ich nie zespalają się z sobą, lecz każde z nich dzieli się na dwie części, w ten sposób w komórce powstają cztery jądra: dwa z nich pozostają na swym miejscu nieruchomo, podczas gdy dwa drugie posuwają się ku jądom nieruchomym i z nimi się zespalają tak, iż znowu mamy dwa jądra, ale powstałe z dwu odrębnych połówek pierwotnych. Gdy nastąpi całkowite zespolenie się tych połówek w nowe jądra, komórka dzieli się na dwie części, powstają zatem dwa nowe osobniki, które dzieląc się dalej drogą karyokinezy, dają początek dwóm nowym istotom. Mamy zatem w każdej

komórce jedną połowę jądra, która zachowuje się biernie, i drugą, która przyjmuje na siebie rolę czynną. Gdy fakt ten porównujemy z tem, co spotykamy u wyższych zwierząt, to mimowoli musimy pierwszym połowom jąder przyznać cechy jąder osobników męzkich.

Powszechnie są znane przykłady najniższych jestestw, które zdolne są tworzyć kolonie, złożone z całych szeregów komórek. Takiej kolonii daje początek zwykle jedna komórka, która się odzepia od kolonii macierzystej i następnie wskutek rozradzania się wytwarza nową kolonię. Po kilku generacjach jednakże komórki nowej kolonii tracą zupełnie zdolność dalszego rozradzania się i odzyskują ją dopiero wtedy, gdy się zlewają z komórkami drugiej kolonii. przyczem w komórkach obu kolonii odbywają się sprawy zupełnie analogiczne do tych, które widzimy u *noctiluca* lub *colpigium* (*pandorina*). W niektórych koloniach spotykamy już pewne cechy płciowe, tak np. u *eudorina* dalsze rozmnażanie się kolonii, które już utraciły zdolność rozradzania się, odbywać się może dopiero po zlaniu się z kolonią inną tego samego gatunku. Jeżeli zwrócimy uwagę na właściwości tych kolonii, to zauważymy, że jedne z nich złożone są z komórek dużych (odpowiadających jajom), inne znowu z małych (odpowiadających plemnikom). Dopiero po zlaniu się tych dwóch różnorodnych kolonii, komórki otrzymują zdolność rozradzania się. W końcu spotykamy kolonie złożone z całej masy komórek, w których już tylko pewne komórki posiadają zdolność łączenia się z innymi.

W miarę jak się podnosimy po szczeblach królestwa zwierzęcego, z jednej strony coraz bardziej się wyróżniają osobniki żeńskie od męskich, z drugiej strony coraz bardziej się ogranicza zdolność komórek do reprodukcji nowych osobników i w końcu pozostaje tylko w pewnych komórkach, wytwarzających się w pewnych gruczołach, które nazywamy płciowymi.

Powstawanie i budowa jajników.

Gruczoły płciowe u wyższych zwierząt powstają w jamie brzusznej w okresie życia zarodkowego; pewna część otrzewnej zaczyna grubieć, wyścielający ją nabłonek przybiera kształt cylindryczny, a jednocześnie grubieje tkanka łączna. Do tej chwili rozwój gruczołów płciowych jest u obu płci jednakowy i w tym okresie jednej płci od drugiej odróżnić niepodobna. Jeżeli z takiego tworzywa ma powstać jajnik, komórki nabłonka, zwiększając się co do liczby, zaczynają równocześnie wgłębiać się w tkankę łączną i w ten sposób powstają cewki, wypełnione komórkami nabłonkowymi (cewki Pflügera). Wśród tych ko-

mórek jednakże już w tym okresie możemy odróżnić pewne komórki nieco większe i bardziej kuliste. W dalszym rozwoju tkanka łączna przerasta te sznury i dzieli je na pojedyncze odcinki mniej lub więcej kuliste, dla których tworzy zarazem pochewkę tak, że powstają kuliste woreczki, zawierające jedną komórkę większą kształtu również kulistego i kilka lub kilkanaście komórek mniejszych natury nabłonkowej. Twór taki nazywamy pęcherzykiem (*folliculus*) a tkankę łączną, otaczającą go, — *teca folliculi*. Twór ten pierwszy raz został opisany przez GRAAF'a i dla tego nosi nazwę pęcherzyka Graafa (*Folliculus Graafii*). Równocześnie z powstawaniem tych tworów jajnik zaczyna się wyosabniać od otoczenia, jako odrębna całość. Następnie komórki nabłonkowe, otaczające jajka, zaczynają się rozmnażać i tworzyć kilka lub kilkanaście warstw. Te ostatnie przekształcenia dzieją się w tym okresie życia osobnika żeńskiego, który możemy nazwać okresem dojrzewania płciowego. W okresie tym, jednocześnie z rozmnażaniem się komórek nabłonkowych, niektóre z nich, ulegają osobnemu przekształceniu, skutkiem którego produkują ciecz przeźroczystą, gromadzącą się powoli w samym pęcherzyku; ciecz ta nosi nazwę *liquor folliculi*. *Liquor folliculi* nagromadzając się w coraz większej ilości, rozszerza pęcherzyk, odsuwa komórki ze środka ku obwodowi, a zarazem przesuwając jajko ku jednej stronie. Miejsce, gdzie się znajduje jajko, przedstawia pewne zgrubienie, nazwane *discus oophorus*. Jednocześnie z powyższymi zmianami w pęcherzykach można stwierdzić ich przesuwanie się wśród samej tkanki jajnika; podczas gdy pęcherzyki, w których rozwój komórek nabłonkowych i wytwarzanie cieczy nie odbywa się, znajdują się w głębi tkanki jajnika, pęcherzyki, ulegające rozwojowi, posuwają się ku obwodowi, tak, iż rozwinięty pęcherzyk Graafa zwykle znajduje się pod samą błoną, otaczającą jajnik od zewnątrz. W miarę jak się nagromadza *liquor folliculi*, nie tylko pęcherzyk się rozszerza, jego osłonka staje się cieńszą, lecz także cieńszeje powierzchowna błona, wskutek czego, wśród pewnych warunków może nastąpić pęknięcie pęcherzyka i wylanie się jego treści na powierzchnię jajnika.

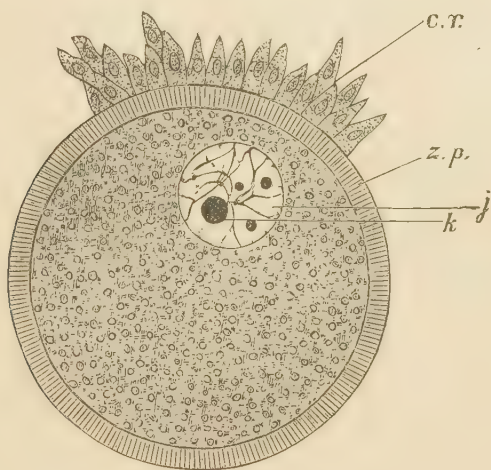
Jajo.

U zwierząt żyworodnych jajo posiada osobną otoczkę, zwaną *zona pellucida*, posiadającą promieniste prążki, które pod mikroskopem robią wrażenie kanalików; istnieje przypuszczenie, że otaczające komórki mogą dawać wypustki do tych kanalików i w ten sposób przyczyniać się do odżywiania jajka. Osłonki jaj innych zwierząt, jak np. ptaków, są zwy-

kle wytwarem specjalnych narządów, mianowicie narządów przewodzących jajo, jak np. białko i skorupa jaj ptasich, i służą z jednej strony jako osłony, z drugiej jako źródło materiału odżywczego w okresie rozwoju zarodka.

Dojrzałe jajo zwierząt ssących przedstawia komórkę, złożoną z protoplazmy mniej lub więcej ziarnistej, wśród której mieści się jądro ze zrębem chromatynowym i z jednym lub kilku jąderkami. Wśród protoplazmy mniej lub więcej ziarnistej, wśród której mieści się jądro ze zrębem chromatynowym i z jednym lub kilku jąderkami. Wśród proto-

Rycina 208.



Jajo ssaków. — cr. Corona radiata. — zp. zona pellucida, — j. jądro. — k. jąderko.

plazmy możemy odróżnić dwie zasadnicze substancje: jedną zwaną protoplazmą właściwą, — jest ona przezroczysta i jednorodna, — druga składa się z ziarenek rozmaitego kształtu, silnie załamujących światło i nosi nazwę deutoplazmy. W rozwoju przyszłego zarodka tylko pierwsza bierze czynny udział, druga zaś jest tylko materiałem odżywczym podczas pierwszego okresu rozwoju, dopóki zarodek nie osiągnie zdolności czerpania pokarmu z otaczającego środowiska. Dlatego pierwszy rodzaj protoplazmy nazwano także protoplazmą rozrodczą, drugi odżywczą. Ilość deutoplazmy w jajku zależy od tego, jak długo zarodek ma nie pobierać materiału odżywczego z otoczenia i dla tego jaja zwierząt ssących, u których zarodek w bardzo krótkim czasie

po zapłodnieniu czerpie materiały odżywcze z organizmu matki, tej deutoplazmy posiadają mało, przeciwnie u ptaków, których zarodki aż do zupełnego rozwoju żyją tylko kosztem deutoplazmy, ilość jej jest bardzo znaczna i stąd pochodzi różnica co do wielkości jaj rozmaitych zwierząt. Zasadniczo jednak tak jajo strusia, jak i każdego ssaka, są zupełnie analogicznymi komórkami. U zwierząt, u których deutoplazmy jest dużo, plamka rozrodcza (*macula germinativa*) odsuwa się zwykle ku obwodowi, a z nią razem i jądro komórki, jak to np. widzimy na jajku kurzem.

Tak się przedstawia element płciowy żeński.

Okresy w czynności narządów płciowych żeńskich.

Wspomnieliśmy już wyżej, że pęcherzyki Graafa w jajniku przedstawiają w pewnym okresie życia osobnika żeńskiego objawy dojrzewania. Otóż ta czynność wyróżnia jajnik z pomiędzy wszystkich innych gruczołów pod tym względem, że występuje tylko w pewnym okresie życia osobnika żeńskiego.

Jakkolwiek i w innych gruczołach możemy odróżnić chwile pracy i chwile spoczynku, to jednakże te chwile pracy i spoczynku zmieniają się po kolei w ciągu całego życia osobnika; tymczasem w czynności jajnika dostrzegamy wyraźnie cztery okresy: dwa czynne i dwa bezczynne. Pierwszy okres czynności polega na wytwarzaniu pierwotnych pęcherzyków Graafa i samego jajnika i odbywa się w życiu płodowym. Okres ten jest ściśle związany z okresem rozwoju jajnika. Drugi okres czynności rozpoczyna się dopiero z chwilą, kiedy osobnik żeński dochodzi do pewnego wieku i polega na dojrzewaniu pęcherzyków, ich pękaniu i wydalaniu treści na zewnątrz. U człowieka okres ten trwa szereg lat, od 30 do 35, rozpoczynając się zwykle około 14—17 roku życia. Cały okres od urodzenia aż do tego wieku jest zupełnym spoczynkiem jajnika; wprawdzie jajnik rośnie równocześnie ze wzrostem całego ustroju, zwiększa się w nim ilość tkanki, jednakże właściwych sobie funkcji, w ścisłym znaczeniu słowa, nie wypełnia. Drugi okres spoczynku występuje z chwilą ukończenia procesu owulacji i trwa od 40—45 roku wieku osobnika, aż do końca życia. W tym okresie gruczoł płciowy staje się prostym rudymentem, jakby nie mającym żadnego znaczenia dla ustroju.

W czasie owulacji jajnik staje się znacznie większym i jest silniej unaczyniony, niż w obu okresach spoczynku. Tym zmianom w jaj-

niku towarzyszą objawy ze strony innych części narządu płciowego; i tak w wieku od 15—45 lat macica okazuje dwojakiego rodzaju czynność, której z reguły ani przed tym okresem, ani po nim nie spotykamy; pierwsza polega na wydalaniu z wnętrza krwawego śluzu, którą to czynność powszechnie nazywamy miesiączkowaniem (*menstruatio*, peryod). Drugi rodzaj czynności objawia się tylko wtedy, gdy jajko zostało zapłodnione przez plemnik i gdy następnie w macicy rozwija się zarodek. Te dwie czynności różnią się tem, że podczas gdy pierwsza z reguły jest czynnością niezbędną dla każdego organizmu dojrzałego żeńskiego, druga, t. j. ciąża, może wcale nie przyjść do skutku.

Owulacya.

Okres, w którym odbywa się owulacya, nazwaliśmy dojrzałością płciową. Czynność ta polega na wspomnianem wyżej dojrzewaniu pęcherzyków Graafa, ich pękaniu, dostawianiu się jajka do trąbki i dalszej wędrówce jajka przez trąbkę do macicy. Dojrzewanie pęcherzyka, jak zauważyliśmy wyżej, polega na jego powiększaniu się, zmianie kształtu i stosunku względem powierzchni jajnika. Mianowicie zwiększa się znacznie liczba komórek nabłonka, tworzącego tak zwaną *membrana granulosa*, i ilość *liquoris folliculi*. Według badań Gerlacha, w dojrzałym, zdatnym do pęknięcia pęcherzyku, oddziela się zupełnie jajko od reszty komórek pagórka, przyczem cały pęcherzyk wypukła się na zewnątrz, na powierzchnię jajnika; w miejscu tem rozrzedzają się komórki *membranae granulosa*, tak, że w chwili pęknięcia prawie ich w tem miejscu nie ma, a natomiast gromadzą się one na stronie przeciwległej, układając się w szeregi, co według Sobotiego jest najwyraźniwszem znamię dojrzałości pęcherzyka. W końcu taki pęcherzyk pęka i jajko, otoczone gromadką komórek pagórka, na którym spoczywało, wypływa razem z częścią treści pęcherzyka na zewnątrz jajnika.

Jakie są przyczyny, które powodują pęknięcie pęcherzyka? Dotychczasowe badania tej sprawy pozwalają przypuszczać, że najważniejszą rolę gra tu nagromadzenie się cieczy, jednakże nie ulega wątpliwości, że i inne czynniki muszą mieć pewien wpływ; do tych należy przede wszystkim przekrwienie jajnika: nagły i obfity dopływ krwi, wskutek rozszerzenia naczyń, zwiększa ciśnienie wśród tkanki w samym gruczole, który będąc otoczony błoną zbitą tkanką łączną, nie może się rozszerzyć i poddaje się ciśnieniu w tem miejscu, gdzie błona jest naj-

cieńszą, a mianowicie nad dojrzałym pęcherzykiem, leżącym tuż pod powierzchnią. Zarazem podwyższenie ciśnienia w jajniku podnosi ciśnienie w pęcherzyku i ułatwia jego pęknięcie.

Wyszędłszy z jajnika jajko ostatecznie z reguły dostaje się do jamy macicy; jedyną drogą dla niego są oczywiście trąbki. Otóż zachodzi pytanie, w jaki sposób jajko dostaje się do trąbki i jaka siła porusza je w trąbce? Bezpośrednie badanie tej kwestyi, ze względu na rozmiary jajka i położenie jajników w głębi dolnego odcinka jamy brzusznej, jest oczywiście bardzo trudne i dlatego dla rozwiązania tego pytania musimy się posługiwać hipotezami, opartymi prawie wyłącznie na badaniu stosunków anatomicznych i tylko w części na doświadczeniach fizyologicznych.

Z anatomii wiemy, że u człowieka i u wielu zwierząt otwór brzuszny trąbki nie pozostaje w bezpośrednim połączeniu z jajnikiem, tak, że jajko ma drogę do trąbki przerwana. Oczywiście, że wskutek tego, bezpośrednio po pęknięciu pęcherzyka Graafa, jajko dostaje się wprost do jamy otrzewnej. Wprawdzie, według dawniejszej hipotezy, miała trąbka strzępkami swego otworu brzuszego (*morsus diaboli*) obejmować jajnik, dzięki jakiemuś szczególnemu ruchowi, przez co jajko mogłoby po wyjściu z pęcherzyka dostawać się wprost do trąbki; jednakże hipotezy tej dotychczas nie udało się nikomu stwierdzić obserwacją; zresztą, gdyby ten sposób wędrówki jajka był jedyny, trudno byłoby wytłumaczyć niektóre doświadczenia fizyologiczne. jak n. p. Leopolda na królikach, i pewne spostrzeżenia kliniczne, które stwierdzają, że jajko może się dostać z jajnika do przeciwległej trąbki, gdy trąbka po tej samej stronie jest niedrożna lub podwiązana, jak również, że może się dostać do trąbki przez ujście dodatkowe. Natomiast dotychczasowe spostrzeżenia przemawiają za tem, że jajko dostaje się do trąbki głównie dzięki ruchowi migawkowemu nabłonka trąbki, przyczem za most, po którym z jajnika dostaje się do trąbki, ma mu służyć tak zwana *fimbria ovarica*, t. j. dłuższy strzępek *morsus diaboli*, który dosięga samego jajnika i tam się przyczepia.

Na znaczenie ruchu migawkowego, w sprawie poruszania się jajka, zwrócił uwagę pierwszy Müller, a następnie Ludwig, jakkolwiek w rzeczywistości faktu tego bezpośrednio nie stwierdzono. Zresztą Thiry zauważył na żabach, że jeżeli u samicy otworzymy jamę brzuszną od strony grzbietu, to zobaczymy u góry dwa lejkowate zagłębienia, będące z sobą w związku, w których się znajdują ujścia trąbek, a które są wysłane

wewnątrz nabłonkiem migawkowym. Wrzucając do takiego lejka proszek węgla lub barwika, można się naocznie przekonać, że ciała te odbywają wędrówkę ku ujściu trąbki i w niej znikają. W ostatnich czasach Lode szeregiem doświadczeń na królikach wykazał niezbicie, że wstrzyknięte do jamy otrzewnej jajka glist (*ascaris*), szybko się dostają do trąbek i odbywają wędrówki ku macicy.

To przenoszenie się jajek z jamy otrzewnej do trąbek, nie dowodzi jednakże bynajmniej istnienia na powierzchni otrzewnej jakichś dróg, wysłanych nabłonkiem migawkowym, jak to znajdujemy u żab, albowiem najskrzętniejsze poszukiwania podobnych dróg nie wykazały; przypuścić więc raczej musimy, że płyn surowiczy, który cienką warstwą powleka otrzewną, wskutek ruchu migawkowego porusza się i płynie w stronę ujścia trąbek, zabierając z sobą jajko. Jeżeli jajko, co tylko przypadkiem wydarzyć się może, padnie wprost na finibryę, to może odrazu dostać się do trąbki, dzięki ruchowi jej migawek. Przyjmując to przypuszczenie, możemy zrozumieć łatwo tak zwaną zewnętrzną wędrówkę jaja, którą potrzeba przyjąć dla wytłomaczenia wspomnianych wyżej doświadczeń Leopolda. Autor ten wycinał u królika jajnik z jednej strony, a podwazywiał trąbkę z drugiej strony; pomimo tego u dwu tak operowanych samic nastąpiło zapłodnienie, co dowodzi, że jajko z jednej strony przewędrowało na drugą, do trąbki strony przeciwnej.

Szybkość ruchu jaja w samej trąbce oznaczyć bardzo trudno; w doświadczeniach Lodego, w 10 godz. odbywało jajko drogę 45 mm., w godzinie więc przybywało niecałe pół cent. Szybkość ta jest prawdopodobnie w odcinku przymacicznym trąbki mniejsza, a wogóle nawet u jednego i tego samego zwierzęcia może być rozmaita.

Ruch tedy jaja odbywa się prawdopodobnie dzięki migawkowemu nabłonkowi trąbki. Wprawdzie ze względu na obecność mięśni, ułożonych w ścianie trąbki w dwie warstwy, podobnie jak w jelitach, można by sądzić, że i ruch robaczkowy tych mięśni może mieć wpływ na przenoszenie się jajka, tem bardziej, że ruch taki został wykazany; uwzględniając jednakże rozmiary jaj zwierząt ssących i człowieka (u człowieka 0.20 mm., u psa, kota 0.17 mm. średnicy), trudno przypuścić, aby ruch robaczkowy mógł na ich posuwanie się w trąbce wpływać; natomiast może on mieć znaczenie u ptaków i innych zwierząt, których jaja są duże.

Ciałka żółte.

Gdy więc po pęknięciu pęcherzyka i wydostaniu się do jamy otrzewnej, jajo dostanie się do trąbki, reszta pęcherzyka, t. j. znaczna część komórek pagórka i łączna tkanka osłonki, pozostaje w jajniku i ulega pewnym zmianom, powodującym powstawanie tak zwanego ciała żółtego (*corpus luteum*). Zmiany te, podług Waldeyera, polegają na pierwotnem bujaniu komórek *membranae granulosa* i następem przeobrażeniu ich w bezpostaciową ziarnistą żółtą masę, obok równoczesnego przerostu wewnętrznej warstwy osłonki łączno-tkankowej pęcherzyka. Ostatecznie cała sprawa kończy się wessaniem masy ziarnistej i zniknięciem ciała żółtego, po którem pozostaje tylko blizna, zwykle żółtawo zabarwiona i wyraźnie występująca na powierzchni jajnika, w tem miejscu, gdzie pękł pęcherzyk. Dlatego też u kobiet, u których przez szereg lat trwała owulacya, jajniki mają powierzchnię pokrytą bliznami, nierówną, pozaciągana. W razie gdy następuje zapłodnienie, ciało żółte staje się większe, dłużej się rozwija, mianowicie zwykle od 3—4 miesięcy i odpowiednio do tego dłużej zanika, tworząc większe blizny. Takie ciała żółte nazwano prawdziwemi (*corpus luteum verum*) dla odróżnienia od ciałek żółtych rzekomych, t. j. powstałych po owulacyi niezapłodnionej (*corpora lutea spuria*), które są znacznie mniejsze, dochodzą do zupełnego rozwoju w ciągu kilku tygodni i zamieniają się w bliznę najdalej w ciągu dwóch miesięcy po owulacyi. Różnica ta tłumaczy się bardzo łatwo zmianami w unaczynieniu i przekrwieniu narządów płciowych, które występują podczas ciąży. W każdym razie istotnych różnic anatomicznych pomiędzy tymi dwoma rodzajami ciałek żółtych dotychczas nie wykazano.

Zapas pęcherzyków w jajnikach jest tak znaczny, że w rzeczywistości tylko mała ich część przechodzi okresy dojrzewania, o których mówiliśmy wyżej, przeważna część, zajmująca głębsze warstwy jajnika, z czasem ulega zanikowi, tak zwanej atrezji, przyczem zwykle naprzód zanikają komórki otaczające, a następnie samo jajo ulega tłuszczowemu zwyrodnieniu i zanikowi. Takiemu zanikowi mogą ulegać także pęcherzyki dojrzałe, jak to wykazały nowsze spostrzeżenia ginekologiczne.

Miesiączkowanie (*menstruatio*).

Sprawa zwana miesiączkowaniem, polega na okresowem wydaleniu na zewnątrz krwi zmieszanej ze śluzem, z części rodnych wewnętrznych. Czynność ta odbywa się podobnie, jak i owulacya, tylko w pe-

wnym okresie życia osobnika żeńskiego i w przeważnej liczbie przypadków zaczyna się i kończy równocześnie z owulacją. Dlatego, powszechnie uważamy miesiączkę za widomy znak owulacji. Osobnik żeński, u którego rozpoczęło się miesiączkowanie, jest już dojrzały płciowo i różni się pod wielu względami od osobnika niedojrzałego. Okres, w którym występują zmiany, charakteryzujące osobnik żeński dojrzały, nazywamy okresem kwitania. Zmiany te, obok dość nieuchwytnych cech, występujących wyraźnie w usposobieniu, upodobaniach i wogóle w czynnościach układu nerwowego, dadzą się podzielić na dwie grupy: jedna dotyczy ogólnych form ciała kobiecego i jest następstwem częścią złożenia większej ilości podskórnej tkanki tłuszczowej, które powoduje zaokrąglenie się form, częścią innego nieco stosunku tułowia względem kończyn i miednicy; druga dotyczy zmian zachodzących w samych częściach rodnych. Części rodne tak zewnętrzne, jak i wewnętrzne, przede wszystkim się powiększają; sutki dotychczas bardzo słabo rozwinięte zaczynają się bardzo szybko rozrastać, częścią wskutek powiększenia się samych gruczołów mlecznych, częścią wskutek nagromadzenia się większej ilości tkanki tłuszczowej. Wargi sromne przerastają i grubieją, wargi większe, w których zwiększa się ilość barwika, porastają włosem, podobnie jak i wzgórek łonowy, pochwa się rozszerza. Macica, zwana przedtem *uterus infantilis*, charakteryzująca się tem, że szyja jest dłuższa od tułowiu i że posiada bardzo cienkie ściany, zmienia się na macicę dojrzałą, której trzon jest grubszy i większy od szyi; gdy w poprzednim okresie długość jamy macicy wynosiła zaledwo 4 cm., teraz dochodzi do 7 cm. Równocześnie zachodzą zmiany w jajnikach, które, jak widzieliśmy wyżej, polegają na dojrzewaniu pęcherzyków Graafa.

Dojrzałość płciowa nie występuje u wszystkich kobiet w jednym czasie; różnica pod tym względem zależy od wielu czynników, mianowicie od klimatu, dziedziczności, odżywiania się i t. p. Na podstawie danych, zebranych przez różnych autorów, można z całą stanowczością twierdzić, że w klimacie gorącym kobiety dojrzewają wcześniej, niż w klimacie zimnym; i tak: w krajach południowej Azji miesiączkowanie zaczyna się około 12 roku życia, podczas gdy na północy, w Rosyi, najczęściej między 16—17 rokiem życia. Nie należy jednakże sądzić, ażeby klimat miał tu wpływ bezpośredni, albowiem mieszkanki północy, chociaż przebywają na południu, zaczynają miesiączkować równie późno, jak ich współrodaczki w klimacie chłodnym i na odwrót, tak, że ta właściwość, mimo zmian klimatu, zachowuje się przez cały szereg pokoleń. Ma tu więc znaczenie niewątpliwie dziedziczność, wskutek której

raz nabyte cechy, pod wpływem pewnych warunków otoczenia, zostają przekazywane długiemu szeregowi pokoleń. Tem się tłumaczy także wpływ rasy; tak np. ze statystyki kliniki kobiecej w Krakowie (Rozner) wynika, że u chrześcijańskiej ludności miesiączkowanie zaczyna się przeciętnie w 16,23 roku życia, podczas gdy u żydówek w 15,26 roku życia, a więc prawie o rok wcześniej. W końcu daje się spostrzedz pewną różnicę stanów: podczas gdy mieszkanki miast wcześniej się rozwijają płciowo, wieśniaczki zaczynają miesiączkować nieco później. Przypadki bardzo późnego miesiączkowania należy zaliczyć do patologii; badanie takich kobiet wykazuje najczęściej bądź jakieś cierpienie ogólne, bądź zboczenia lub choroby części rodnych. Odwrotnie spotykamy także przedwczesne miesiączkowanie, które wypada zaliczyć do anomalii; anomalie te, o ile nie polegają na pewnych zmianach patologicznych, dowodzą, pewnego zaburzenia w przemianie materii u tych jednostek.

Miesiączka, bezpośrednio po wystąpieniu, podobnie jak i przy końcu, przez jakiś czas występuje w okresach nieregularnych, natomiast w środku okresu miesiączkowania zazwyczaj występuje co pewną ilość dni, a mianowicie, jak sama nazwa wskazuje, mniej więcej co miesiąc. I rzeczywiście, u przeważnej liczby kobiet, miesiączka powtarza się co 26—30 dni; jednak średnia cyfra 28 dni, t. j. miesiąca księżycowego, nie jest wcale uprzywilejowaną, gdyż wahania od niej w tę i drugą stronę, nie raz są dość znaczne, tak, iż wszelkie zastanawianie się nad wpływem obiegu księżyca na okresowość miesiączki, nie ma realnych podstaw.

Badania różnych autorów, odnoszące się do zmian ciepłoty ciała, tętna, ciśnienia krwi, przemiany materii, pojemności płuc, odruchów i t. p. u kobiet, wskazują, że energia czynności fizyologicznych ciała kobiecego zwiększa się przed miesiączkowaniem a bezpośrednio po jej rozpoczęciu i podczas jej trwania znacznie się obniża. Istnieje więc w życiu kobiety nie tylko okresowość co do owulacji i miesiączkowania, ale i co do innych czynności fizyologicznych, która przemawia za tem, że w ustroju kobiety, podczas dojrzałości, zachodzą zmiany, które mają na celu uczynić ten ustrój bardzo odpowiednim do spełnienia tego zadania, które nazywamy ciążą. Podobną okresowość spotykamy także w świecie zwierzęcym i tu ona występuje o wiele wyraźniej, niż u człowieka i polega na objawieniu się pewnego podniecenia płciowego (ruja) samicy w pewnym czasie (Brunstzeit). Otóż jeżeli w tym czasie nie następuje zapłodnienie, to owo podniecenie po kilku dniach ustępuje, lecz po pewnym, krótszym lub dłuższym czasie, znowu się pojawia. Okres ten u owcy wynosi 14 dni, u świni 15—18, u krowy, konia i małpy

4 tygodnie, podobnie jak u ludzi. Z okresem podniecenia płciowego u zwierząt, łączy się zwykle przekrwienie narządów płciowych, a zarazem zdolność do poczęcia, a więc oczywiście w tym samym okresie musi występować także owulacja. Jednakże spotykamy i takie zwierzęta, u których okres podniecenia płciowego nie odpowiada okresowi owulacji; jakkolwiek więc za źródło tych dwu stanów wypada uważać jajnik, to jednakże podniecenie płciowe, powstając jako odruch wskutek sumowania się podrażnień zakończeń nerwowych, wywołanych przez dojrzewające pęcherzyki w jajniku, może nastąpić albo współcześnie, albo później, niż następuje pęknięcie pęcherzyka, zależnie od innych okoliczności, wśród których ustrój zostaje. Jakkolwiek u człowieka podniecenie płciowe nie występuje wyraźnie okresowo, przynajmniej nie zawsze, jednakże za skutek wpływów nerwowych wychodzących z jajników, wypada uważać całe miesiączkowanie, które, z tych samych powodów, niekoniecznie musi odpowiadać owulacji.

Badania anatomiczne błony śluzowej macicy w czasie miesiączki wykazały napewno tylko to, że rzeczywiście z błony śluzowej wydziela się krew i to przeważnie z najdrobniejszych naczyń; natomiast, dotychczas nie rozstrzygnięto, czy przytem powierzchowna warstwa błony śluzowej macicy zostaje wydzielana z krwią, czy się odnawia po każdej miesiączce, czy też pozostaje zupełnie niezmienioną; również nie wiadomo, czy błona śluzowa trąbek także w czasie miesiączki wydziela krew. Biorąc na uwagę podobieństwo budowy trąbek i macicy, wypadałoby przypuszczać, że w trąbce także mogą zachodzić analogiczne zmiany. I rzeczywiście liczne spostrzeżenia kliniczne i sekcye przemawiają za tem, szczególnie spostrzeżenia Landauera i Reinsteina; czy jednakże to się dzieje zawsze, tego dotychczasowe doświadczenia i spostrzeżenia nie udowodniły.

Co się tyczy pytania, czy powierzchowne warstwy błony śluzowej macicy ulegają podczas miesiączki pewnym zmianom, starano się je rozstrzygnąć w dwojaki sposób: po pierwsze przez bezpośrednie badanie mikroskopowe wydzieliny miesiączkowej i po drugie przez także badanie samej błony śluzowej; pierwsze badania nie dały żadnych określonych wyników. Drugi szereg polegał na badaniu błony śluzowej macicy, wyjętej ze zwłok kobiety zmarłej podczas miesiączki, lub też wydobytej podczas operacyi z kobiety żywej lub wreszcie na strzępkach błony wyjętej z macicy podczas miesiączki. Badania te, jakkolwiek nie dostarczyły zupełnie wyczerpującej odpowiedzi na powyższe pytanie, jednak zgadzają się z sobą przynajmniej pod względem obrazu mikro-

skopowego: błona śluzowa jest zgrubiała, pulchna, przekrwiona, na całej powierzchni lub miejscami pokryta lub przesiąknięta krwawym śluzem. Pod innymi względami zdania już są podzielone: jedni znajdują stłuszczenie całej błony śluzowej, drudzy tylko stłuszczenie samego nabłonka, inni wreszcie temu zupełnie zaprzeczają; następnie jedni znajdują powiększenie i przerost gruczołów, inni wrzecionowate twory okrągłe w tkance międzygruczołowej, których przedtem nie było; podług Leopolda, błona śluzowa przed rozpoczęciem się miesiączki dochodzi do 9—7 mm. grubości, jest nieco pofałdowana, gruczoły się wydłużają, przestrzenie limfatyczne rozszerzają. żadna warstwa błony nie ulega stłuszczeniu, natomiast nabłonek rzeczywiście się oddziela wskutek licznych wynaczyniń; z końcem miesiączki to obrzmienie błony śluzowej się zmniejsza i dochodzi do grubości 2—3 mm. Inni znowu, jak Moerich i Veit, na podstawie obrazów mikroskopowych kawałków, wyciętych z błony śluzowej zdrowej macicy, wypowiadają zdanie, że nabłonek zostaje w całości utrzymany. Badanie samej krwi, wydzielającej się podczas miesiączki, nie przyczyniło się wcale do rozjaśnienia tej kwestyi; krew jest płynna, nie krzepnąca, zmieszana ze śluzem i posiada właściwy także innym macicznym krwawieniom specyficzny zapach; pod mikroskopem widać mniej lub więcej zmienione, czerwone i białe ciała krwi, przyczem liczba ciałek białych znacznie się zwiększa pod koniec miesiączki; tu i owdzie napotykamy komórki nabłonka cylindrycznego lub płaskiego; nabłonek ten niekiedy przedstawia mniejsze lub większe płaty, otrzymany wprost z macicy, zwykle jest dobrze utrzymany i nie zmienia się. Na tej podstawie możnaby wnosić, że oddzielanie się nabłonka nie jest istotną sprawą miesiączki, że jednakże wskutek wynaczynień tu i owdzie nastąpić może.

Okres miesiączki trwa rozmaicie długo i pod tym względem znajdujemy różnice nie tylko u różnych kobiet, ale nawet u jednej i tej samej; miesiączka rzadko trwa krócej jak 2 dni i dłużej nad dni 7. Ilość wydzielonej krwi jest także różna; w przybliżeniu obliczają ją na 150—200 gr.

Podczas ciąży z reguły miesiączka ustaje, a wraz z nią i owulacja; pojawianie się wydzieliny krwawej w pierwszym miesiącu ciąży, uważać musimy za wyjątkowe i zachodzi jeszcze pytanie, czy przypadki takie nie są następstwem pewnych nieprawidłowych stosunków błony śluzowej macicy; również mimo ciąży stwierdzono owulację, jakkolwiek i ten fakt wypada uważać za wyjątkowy. Miesiączka także zwykle się nie pojawia w czasie karmienia dziecka piersią i tylko nie-

kiedy, w późniejszych miesiącach, gdy ilość mleka, wydzielanego z sutki z czasem się zmniejsza, może się pojawiać, a nawet pomimo braku miesiączki w tym okresie karmienia, owulacja może wystąpić i jajko może być zapłodnione.

Okres menstruacyjny trwa około 30 lat. Liczne doświadczenia pouczają, że u kobiet, które wcześniej, niż zwykle zaczęły miesiączkować, funkcja ta kończy się zarazem później, niż u innych. W końcowym okresie miesiączkowania, tak zwanem *climacterium*, powstają bardzo często zaburzenia w okresowości miesiączki i ilości wydzielanej krwi, poprzedzające zupełne jej ustanie. Owulacja ustępuje prawdopodobnie wcześniej, niż miesiączka; za tem, wobec braku ścisłej obserwacji, przemawia to spostrzeżenie, że kobiety po 45 latach jeszcze niekiedy miesiączkują, rzadko jednak zastępują. Gdy już w końcu miesiączka ustała, rozpoczyna się we wszystkich narządach płciowych bez wyjątku, wyraźne pomniejszanie się tychże, które jednakże nie dochodzi do stanu, jaki te narządy przedstawiały przed okresem dojrzałości płciowej.

Zestawiając teraz wszystkie przytoczone wyżej szczegóły, postaramy się rozważyć, czy i o ile one przemawiają za istnieniem ścisłego związku między owulacją i menstruacją. Mamy w tej kwestyi fakta przemawiające pro i contra. Za tą ścisłą zależnością przemawia ta okoliczność, że miesiączkowanie odbywa się równocześnie z owulacją, że ono ustaje zupełnie po wycięciu lub zniszczeniu jajników, że obie czynności ustają równocześnie podczas ciąży, w końcu, że obie są okresowe. Przeciw temu związkowi przemawia fakt, że owulacja może się odbywać niejednokrotnie bez miesiączki, przed jej wystąpieniem i po jej ukończeniu, podczas ciąży, że naodwrot menstruacja może wystąpić bez owulacji, szczególnie w okresie przejściowym. Wspomnieliśmy już wyżej, że te zmiany w narządach płciowych prawdopodobnie zależą od rozwoju pęcherzyków Graaffa w jajniku. Tu pozwolę sobie przytoczyć zapatrywania Pflügera w tym względzie. Według niego rzecz się ma w sposób następujący: w dojrzewaniu pęcherzyków Graaffa istnieje pewna kolejność; wzrost pęcherzyka drażni tkankę jajnika i jego powierzchnię, jednakże impuls nerwowy, powstający wskutek tego podrażnienia, jest za mały, aby wywołać jakikolwiek odruch w ośrodkach nerwowych; bodziec ten nie staje się tak silnym nawet podczas najszybszego wzrostu pęcherzyka; atoli impulsy te, sumując się, po pewnym czasie wywołują odruchowo rozszerzenie naczyń i silny przypływ krwi do części rodnych. To przekrwienie ze swej strony przyczynia się do pęknięcia pęcherzyka Graaffa i do krwawienia z błon śluzowych.

Z tego widzimy, że podług Pflügera ostatecznie menstruacja jest zawisła od owulacji. Teoria ta wymaga jednakże pewnych zastrzeżeń, a mianowicie, że rozwój pęcherzyków musi następować po sobie kolejno, że impulsy, wychodzące z jajników, bez względu na mniejszą lub większą pobudliwość ośrodków nerwowych, zawsze w jednym i tym samym czasie sumują się w takim stopniu, że zdolne są wywołać odruch i dlatego też teorii tej nie uznano za wystarczającą i starano się podać inne. Tak n. p. teoria Sigismunda i Loewenhardta przyjmuje, że sama błona śluzowa macicy posiada zdolność do okresowych zmian, które polegają na przygotowaniu jej do przyjęcia zapłodnionego jaja, a jeżeli jajo nie zostanie zapłodnione, to zmiany te okazują się niepotrzebnymi i błona śluzowa, podczas odpływu krwi wraca do stanu pierwotnego, miesiączka więc, podług tej teorii, byłaby niejako poronieniem niezapłodnionego jaja.

Ze stanowiska fizyologicznego bez względu na tę lub inną teorię, zastanawia nas przedewszystkiem utrata krwi. Widzieliśmy w poprzednich rozdziałach, że w żadnej innej czynności fizyologicznej, tkanka tak dla ustroju ważna, nie zostaje bez racyi niszczona i krew nigdzie nie zostaje wydalana na zewnątrz. Wprawdzie ilość traconej krwi jest nieznaczna, gdyż średnio wynosi 200 gr., jednak nieraz znacznie więcej odpływa podczas jednego peryodu, a obliczając to na rok i cały czas miesiączkowania, otrzymujemy poważne liczby 2600 gr., względnie około 72 kg. Fakt ten ze stanowiska ekonomii ustroju, niewątpliwie wymaga zastanowienia się; skoro organ w sposób prawidłowy traci powyższą ilość krwi, to przedewszystkiem wypada przyjąć, że ona jest na razie zbyteczna, a przyjmując to przypuszczenie, przychodzimy do wniosku, że w organizmie kobiecym wytwarza się więcej krwi, niż potrzeba, do takiego stopnia, że musi ustrój tego nadmiaru krwi się pozbywać. Zastanawiając się dalej nad tem, jaki może być cel tego nadmiaru krwi, z konieczności musimy przyjąć, że celem tym jest nagromadzenie zapasu materiału odżywczego na wypadek ewentualnego zapłodnienia, wskutek czego okazałaby się potrzeba dostarczenia tego materiału rozwijającemu się nowemu ustrojowi; dlatego też zdanie Povera »kobiety miesiączkują, ponieważ nie zastąpiły«, z wszelkiem prawdopodobieństwem nie jest pozbawione racyi. Za tem zdają się przemawiać dwa następujące spostrzeżenia: 1) Kobiety podczas dojrzałości płciowej, utraciwszy w jakikolwiek inny sposób zbyt dużo krwi, są wogóle krótszy czas niedokrewne, niż mężczyzna wśród jednych i tych samych warunków. 2) Patologia ustroju kobiecego wskazuje, że istnieje jakaś ścisła

zależność czynności jajników od szpiku kostnego, który jak wiadomo, odgrywa ważną rolę w sprawie regeneracji krwi. Cierpienie zwane rozmiękczeniem kości (*osteomalacia*), a będące właściwie chorobą szpiku kostnego, ustępuje w wielu razach po wycięciu jajników. Jeżeli zatem, ten czysto doświadczalnie stwierdzony fakt, rzuca światło na związek między czynnością jajników i szpikiem kostnym, jeżeli badania histologiczne podczas tej choroby wykazały w jajnikach zmiany patologiczne, to zupełnie uzasadnione jest przypuszczenie, że jak chorobowo zmieniony jajnik odruchowo wywołuje zmiany w szpiku kostnym, tak prawidłowo funkcjonujący jajnik może mieć wpływ na prawidłową funkcję szpiku kostnego, t. j. na wytwarzanie krwi. Na tej podstawie można przypuszczać, że pod wpływem prawidłowej czynności gruczołów płciowych, odpowiednio do zmian w nich zachodzących, szpik kostny wytwarza większą, niż tego ustrój potrzebuje, ilość krwi, a ten nadmiar, przeznaczony na pokrycie potrzeb płodu, w razie niezapłodnienia okazuje się zbędnym i dlatego musi być wydalony na zewnątrz.

W ten sposób znowu przychodzimy do stwierdzenia zależności między owulacją a miesiączkowaniem, przyczem to ostatnie wypadłoby uważać za pochodne pierwszej; nie wynika z tego bynajmniej, ażeby miesiączka musiała odbywać się równocześnie z owulacją i spostrzeżenia Leopolda, które wykazują pewne przerwy między miesiączką a pękaniem pęcherzyków, związku tego wcale nie obalają. Nie sam fakt pęknięcia lub dojrzewania pęcherzyków oddziałują na organizm sporządzający krew, nie one drażnią ośrodki odruchowe rdzenia, tylko czynność jajników, przemiana materii w tychże; a jeżeli pęknięcie pęcherzyka schodzi się często z miesiączką, to okoliczność ta przemawia za tem, że prawdopodobnie przekrwienie, towarzyszące miesiączce, ła obejmujące wszystkie części rodne, daje ostateczny impuls przez podwyższone ciśnienie w jajnikach i pęcherzykach. Jest rzeczą prawdopodobną, że wogóle każde, przekrwienie np. podczas aktu kopulacji, może mieć ten sam wpływ, jeżeli pęcherzyk jest zupełnie dojrzały i znajduje się tuż pod powierzchnią jajnika.

Narząd płciowy męzki.

Głównym narządem płciowym męzkim są jak wiadomo jądra (*testes*). W nich wytwarzają się elementa płciowe męskie, plemniki (*spermatozoa*), których połączenie się z jajami nazywamy zapłodnieniem

Wszystkie inne części płciowe męskie służą prawie wyłącznie do przechowania elementów płciowych męskich, ich przeprowadzenia i wprowadzenia do części rodnych żeńskich.

Pierwszy zawiązek gruczołu płciowego męskiego i żeńskiego, jak widzieliśmy, jest zupełnie identyczny; tam, gdzie u samicy i kobiety powstaje jajnik, u samca i mężczyzny rozwija się jądro. Również sposób wytwarzania się tych dwu odrębnych gruczołów jest analogiczny. Nabłonek otrzewnej, zmieniając się stopniowo w komórki cylindryczne, wpukła się do tkanki łącznej w postaci cewek, z których następnie powstają tak zwane kanaliki nasienne. Nie wchodząc w szczegółowy rozbiór budowy tego narządu, zastanowię się obecnie tylko nad teorią powstawania plemników. Wytwarzają się one wyłącznie w tak zwanych cewkach zwiniętych (*tubuli contorti*) jądra, które w dojrzałym jądrze na przekroju mają około 140 μ szerokości. Zewnętrzną ścianę tych cewek stanowi jeden lub kilka pokładów komórek nabłonkowych, pod którymi leży bardzo cienka błonka podstawowa (*membrana basilaris*).

Już u zarodków w nabłonku kanalików nasiennych, możemy odróżnić dwojakiego rodzaju komórki, jedne tak zwane podstawowe (Stützzellen) i drugie nasienne (Samenkeimzellen). Pierwsze są to wysokie cylindryczne komórki, stykające się swoimi podstawami; ponieważ jest ich stosunkowo niewiele, więc stykające się u podstawy ich wypustki tworzą siatkę o dość dużych oczkach; oczka te z kolei są wypełnione bardzo płaskimi komórkami, przylegającymi wprost do błonki podstawowej. Oba te rodzaje komórek nie biorą żadnego udziału w wytwarzaniu plemników i stanowią tylko niejako rusztowanie dla komórek nasiennych. Te ostatnie początkowo całkowicie wypełniają światło kanalików, a dopiero w miarę jak osobnik dojrzewa płciowo, układają się pomiędzy owymi komórkami. Od tej chwili rozpoczyna się żywa czynność komórek nasiennych, polegająca na wytwarzaniu plemników, a być może i na wydzielaniu właściwej cieczy, co razem stanowi wydzielinę gruczołu nasiennego. Komórki te nazywają się *spermatogonia*. W okresie dojrzałości płciowej przedstawiają one podział karyokinetyczny i od tej chwili noszą nazwę *spermatocytów*; podział ten jednakże odbywa się w sposób atypowy, to znaczy, że gdy pierwsza generacja komórek przedstawia karyokinezę, chromozomy jąder dzielą się jak zwykle każdy na dwie części, przez co ilość chromozomów się podwaja. Następnie macierzyste komórki dzielą się tak, że pierwsza generacja posiada w jądrach taką samą ilość chromozomów, jaka była przed podziałem komórki macierzystej; następnie komórka taka nie prze-

chodzi w okres pauzy, lecz na nowo się dzieli, przyczem chromozomy dzielą się wprost na dwie części, tak, iż w drugiej generacji komórek w jądrach znajduje się połowa tej liczby chromozomów, jaka była w komórkach pierwotnych. Każda taka komórka drugiej generacji, przechodzi następnie w okres spoczynku, chromozomy jądra się zwijają i ulegają tak zw. kondensacyi. Takie komórki nazywamy spermatydami i z nich już bezpośrednio powstają plemniki, t. j. komórki płciowe męskie.

Plemnik składa się z 3 części: z główki, wstawki czyli ogniwa pośredniego i ogonka, czyli witki. Na główce u wielu gatunków zwierząt możemy odróżnić dodatkowo ostrze i część główną, złożoną prawie wyłącznie z chromozomów. Część pośrednia, przyczepiona do główki, składa się z protoplazmatycznego płaszcza, przez który przebiega nitka osiowa, która bezpośrednio za główką tworzy guziczkowate rozszerzenie, przylegające do tego skłádnika komórki, który tak ważną rolę odgrywa podczas karyokinezy, mianowicie centrozomu. Od ogniwa pośredniego nitka osiowa przebiega całą witkę i jest otoczona jaśniejszą substancją, której brakuje tylko na końcu witki. Od jednego brzegu części pośredniej biegnie także cieniutka niteczka brzeżna, która się schodzi z niteczką osiową przed końcem ogonka. Niteczki te są połączone ze sobą błoną falistą. Wskutek maceracyi tak nitka osiowa jak i niteczka brzeżna mogą się rozpadać na jeszcze drobniejsze włókieneczka. U wyższych zwierząt i człowieka plemnik ma stosunkowo prostszą budowę, tak, że w nim tylko trzy główne części na pewno odróżnić można. Witka żywego plemnika jest obdarzona ruchem podobnym do ruchu migawkowego; dzięki temu ruchowi plemnik może z pewną szybkością poruszać się naprzód.

Tylko co opisany element płciowy męski, wytwarzając się w kanalikach krętych w coraz większej ilości, wypełnia powoli ich światło. Gdy się pewna ilość plemników nagromadzi, w miarę dalszego tworzenia się ich i wydzielania cieczy, zostają one wypychane do przewodów wyprowadzających, w których też pozostają przez czas dłuższy. Gdy jednakże ilość nasienia staje się nadmiernie dużą, pewna część musi być wydalona na zewnątrz; w warunkach prawidłowych dzieje się to podczas snu jako tak zw. polucya. Nagromadzenie się znaczniejszej ilości nasienia w jądrach i kanałach wyprowadzających, zdaje się być najważniejszą przyczyną popędu płciowego.

Plemniki posiadają wogóle znaczną żywotność. W jądrach, jak wskazują doświadczenia Kehrlera, po podwiązaniu *vas deferens* jeszcze

po 40 dniach miały plemniki wejrzenie zupełnie prawidłowe i dopiero po 5—6 miesiącach znikały prawdopodobnie wskutek tłuszczowego lub innego zwyrodnienia. Po za jądrem również zachowują plemniki dość długo swą żywotność; nasienie wyrzucone wskutek podrażnienia prącia lub w inny sposób wydobyte na zewnątrz, nie ulega zmianie od 24 do 48 godzin i przez cały ten czas plemniki pozostają w ruchu. W narządach płciowych żeńskich, gdzie nasienie jest przed gniciem ochronione, żywotność plemników jest o wiele większa; u niższych zwierząt jak pszczoł, plemniki mogą być przechowane w osobnych receptakulach przez 3 lata w stanie zdolnym jeszcze do zapłodnienia, u nietoperzy przechowują się przez zimę w macicy, u ptaków, np. kur, stwierdzono że jeszcze po 18 dniach jaja mogą być zapłodnione. Trudno jednakże przypuścić, aby plemniki przez cały ten czas pozostawały w ruchu, a to ze względu na małą ilość protoplazmy, jaką zawierają; to też na podstawie pewnych spostrzeżeń przyjmujemy, że plemniki wszedłszy do narządu płciowego żeńskiego, przez jakiś czas pozostają bez ruchu i dopiero podrażnione cieczą otaczającą jaja, być może produktami, jakie same jaja wydzielają, na nowo do ruchu zostają pobudzone. Oczywiście podobnych spostrzeżeń na ludziach prawie nie mamy, jednakże wydobywając śluz z szyjki macicy, stwierdzono żywotność plemników nawet po 5—7 dniach.

Pod wpływem rozmaitych odczynników, ruchy plemników ulegają zmianie. Wogóle można powiedzieć, że kwasy nawet bardzo słabe i rozcieńczone działają na plemniki zabójczo, słabe roztwory soli pozostają bez wpływu, a w słabych zasadach ruchy mogą się nawet zwiększyć, w wodzie przekroplonej główka pęcznieje i powiększa się, również pęcznieje główka w wodzie zawierającej ozon, a w końcu pęka.

Przy ogrzaniu, nawet do 47° ruchy mogą być jeszcze zachowane; odwrotnie podczas oziębienia ruchy się zwalniają i w temp. 0 ustają, jednakże nawet po 6 dniach mogą być przywrócone. jeżeli się plemniki ogrzeje do odpowiedniej temperatury; nawet zamrożenie do —15 C. żywotności ich nie znosi.

W nasieniu wołu znajdujemy:

wody 82·3

substancyi organicznych 14·7—15·2

soli 2·5—2·7.

Zauważyć wypada, że prawie wyłącznym składnikiem główki plemnika jest nukleina. Według Vauquelina nasienie ludzkie zawiera 900 części wody i 100 części stałych, a w tych 60 organicznych i 40 mine-

ralnych, z tych znowu 30 części fosforanu wapniowego. Wśród ciał białkowych, według Posnera, znajduje się propepton.

Nasienie zebrane z *vas deferens* wyróżnia się od nasienia po ejakulacji brakiem zapachu. Z tego wynika, że zapach zależy od wydzieliny innych gruczołów, najprawdopodobniej gruczołu krokowego, która to wydzielina ma mleczno-białawe wejrzeń, oddziałują alkalicznie lub obojętnie, zawiera małą ilość białka i stosunkowo znaczną ilość chlorku sodu; prócz tego znajdujemy w niej krystaliczne połączenie kwasu fosforowego z zasadą C_2H_5N , które to połączenie Böttcher nazwał kryształkami sperminy. Zapach nasienia po ejakulacji zależy prawdopodobnie od częściowego rozkładu tych kryształków. Kryształki sperminy wytwarzają się przy powolnem wysychaniu nasienia, a także w preparatach anatomicznych, przechowywanych w wysoku. Znajdowano je również w wyschniętem białku jaja kurzego, a podług Schreiner, w krwi i gruczołach limfatycznych podczas białaczki. Mają one być identyczne z kryształkami Charcota. Zasada C_2H_5N ma być, podług niektórych autorów, etyleniminem i znaną jest obecnie pod nazwą sperminy. Połączenie jej z kwasem fosforowym w wysoku, eterze i chloroformie jest nierozpuszczalne, słabo rozpuszczalne w wodzie zimnej, nieco więcej w gorącej, natomiast rozpuszcza się w kwasach i zasadach, jak również w węglanach i amoniaku. Kwas garbnikowy, fosforo-wolframowy, sublimat, chlorek złota i platyny strącają ją. Podług Pöhla i innych autorów, w ustroju zwierzęcym ma podnosić sprawy utlenienia.

Zapłodnienie.

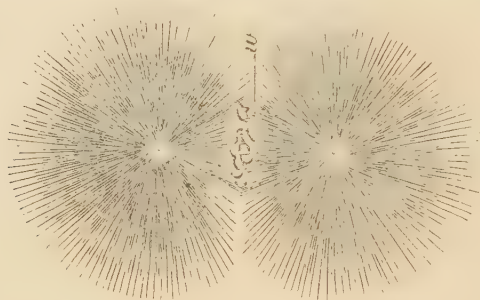
REDUKCYA CHROMOZOMÓW W JAJKU.

Mówiąc o wytwarzaniu się plemników, zwróciliśmy uwagę na fakt tak zwanej redukcji chromozomów. O ile z badań ostatnich lat nad rozwojem plemników i jaj oraz rozwojem zarodka, a nawet wzrostem tkanek u dojrzałych, przynajmniej niższych zwierząt, wnosić można, chromozomy, ich ilość i wejrzeń, stanowią charakterystyczną cechę komórek danego gatunku, tak, że wśród niższych zwierząt znajdujemy takie, których komórki podczas podziału karyokinetycznego posiadają zawsze tylko 4, inne posiadają 10, jeszcze inne 24 i t. d. pętli chromatycznych. Otóż widzieliśmy, że przy wytwarzaniu się plemników, komórka, z której bezpośrednio powstaje główka plemnika, zawiera

zawsze tylko połowę tej liczby chromozomów, jaką posiadała komórka zwierzęcia danego gatunku.

W tem miejscu wypada zauważyć, że, na podstawie badań nad podziałem komórek, dochodzimy dziś do wniosku, iż stałymi składnikami komórek, oprócz protoplazmy i jądra z chromozomami jest jeszcze zawsze pewne ciało nadzwyczaj małe, kuliste, barwiące się hematoksyliną i żelazem na czarno, które nazwano *centrozomem*. Ciało to znajduje się obok jądra i bierze czynny udział podczas podziału komórki. Podział komórki zwykle zaczyna się od podziału centrozomu na dwie części, przyczem nowo powstałe dwie kuleczki odsuwają się od siebie, i w miarę, jak się ich oddalenie zwiększa, zjawia się coraz więk-

Rycina 209.



Centrozomy; otaczająca je promienistość, w: wrzeciono z rozłożonymi w równiku chromozomami.

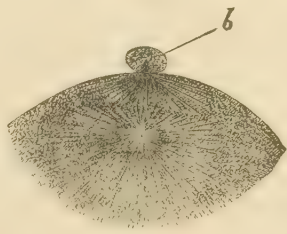
sza liczba cieniutkich naokoło każdej kuleczki promieni; promienie te nazywamy promieniami achromatycznymi. Odechodzą one nakszałt promieni magnetycznych od każdego z tych ciałek, przyczem pewna ich część łączy się w kształcie wrzeciona, reszta zaś odchodzi w inne strony, tak, że oprócz wrzeciona koło każdego centrozomu, wytwarza się rodzaj gwiazdy achromatycznej. Promienie te, sądząc z ostatnich spostrzeżeń Kostaneckiego, odgrywają rolę czynników, kierujących chromozomami, albowiem z chwilą, gdy centrozomy się odsuwają od siebie i wrzeciono achromatyczne się zwiększa, osłonka jądra znika i owe niteczki łącząc się z centrozomami, obejmują wszystkie pętle chromatynowe czyli chromozomy, które wkrótce układają się pomiędzy oboma centrozomami w płaszczyźnie równikowej. Pętle te są ułożone łukami ku środkowi, ramiona na zewnątrz, każda z osobna, tak, że je można dokładnie policzyć. Teraz dopiero każda pętla dzieli się podłużnie na

dwie równe niteczki, a każda z powstałych w ten sposób niteczek następnie powoli odsuwa się ku jednemu z centrozomów, tak, że powstaje zupełnie równy podział każdego chromozomu na dwie części, które po przesunięciu się otaczają w kształcie gwiazdy każdy centrozom, tworząc w ten sposób gwiazdy pochodne; z gwiazd tych następnie, gdy macierzysta komórka podzieli się na dwie, powstają jądra w tych ostatnich. Wskutek tego każda nowa komórka posiada swój centrozom i taką samą ilość pętli chromatycznych, jak komórka macierzysta. Wyjatek pod tym względem, jak widzieliśmy, stanowi główka plemnika, która zawiera tylko połowę tej liczby pętli chromatycznych, jaką zawierają komórki danego gatunku.

Zupełnie podobnej redukcji ulegają chromozomy w każdym jajku. Proces ten był znany oddawna, jakkolwiek nie uniano sobie zdac sprawę z jego znaczenia. Oddawna spostrzeżono, że u rozmaitych zwierząt, w rozmaitym okresie dojrzewania jaja, u niższych istot niekiedy już w jajku wyzwolonem z jajnika, u wyższych i człowieka jeszcze w samym pęcherzyku Graafa, wytwarza ono zwykle dwa ciała, które przez jakiś czas obok jaja się znajdują i które nazwano ciałkami biegunowemi. Badania ostatnich lat wykazały, że wytwarzanie się tych ciałek biegunowych właśnie ma na celu redukcję chromozomów w jajach, redukcję,

która odbywa się zupełnie analogicznie, jak w jądrze. W jajach dojrzewającym w pewnej chwili dzieli się, według opisanego wyżej szematu, najspierśód centrozom, znika pęcherzyk zarodkowy, powstają pętle chromatynowe z chromozomów, a zarazem zjawia się promienistość naokoło dwu centrozomów i cała ta figura zbliża się ku jednemu miejscu powierzchni jaja. Każda pętla dzieli się podłużnie, powstają gwiazdy, pochodne koło każdego z centrozomów. Pączek utworzony na powierzchni jaja, z małej ilości protoplazmy, coraz bardziej się odsnurowywa i w końcu się zupełnie oddziela i tak powstaje ciało biegunowe. Bezpośrednio potem, już bez podziału podłużnego pętli chromatynowych (chromozomy), tworzy się drugie takie ciało, do którego się oddziela połowa pozostałych chromozomów; w ten sposób w samym jajach pozostaje tylko połowa liczby chromozomów, jaką jajo normalne posiadało. Z chwilą oddzielenia się drugiego ciała biegunowego, promie-

Rycina 210.



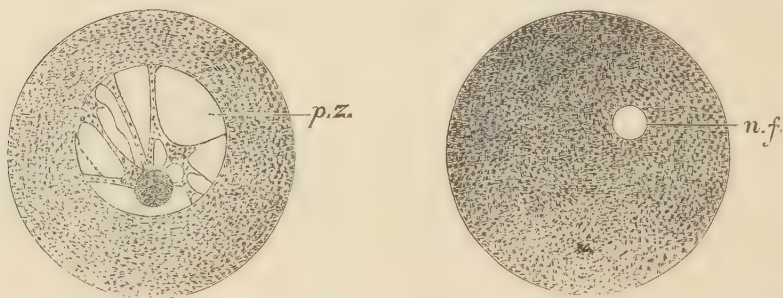
Jajo w chwili tworzenia się pierwszego ciała biegunowego.

nistość zaczyna zanikać, protoplazma przybiera zupełnie jednakowe wejście, a zamiast pęcherzyka zarodkowego pozostaje tylko mały pęcherzyk przeźroczysty, który coraz bardziej się odsuwa od powierzchni ku środkowi. Obok niego daje się wykazać także centrozom. Jajo w tej postaci jest już dojrzałe i zdolne do przyjęcia plemnika. Pozostały pęcherzyk nazwano jądrem żeńskim (*pronulceus femininus*).

Akt zapłodnienia.

W jaki sposób odbywa się akt zapłodnienia, aż do ostatnich czasów nie miano żadnego wyobrażenia; wszelkie zapatrywania pod tym

Rycina 211 A. B.



A. Jajo przed wytworzeniem ciałek biegunowych. — p. z. pęcherzyk zarodkowy.

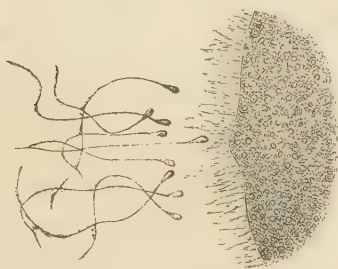
B. Jajo po wytworzeniu ciałek biegunowych. n. f. nucleus femininus.

względem opierały się więcej na domysłach, niż na bezpośrednich obserwacjach. Dopiero w ostatnich czasach, gdy się zwrócono do najniższych zwierząt, sprawę tę udało się przynajmniej dla tych ostatnich wyjaśnić, a na podstawie analogii wytworzyć mniej lub więcej prawdopodobną hipotezę, która tłumaczy akt zapłodnienia także u zwierząt wyższych. Najodpowiedniejszym materiałem do badań tego rodzaju są jaja jeżowców (*echinodermata*), które obok przeźroczystości posiadają tę własność, że mogą być sztucznie zapłodniane. Wystarczy na szkiełku zegarkowym umieścić w wodzie morskiej pewną ilość jaj, a następnie dodać wody z nasieniem wydobytem świeżo z gruczołu męskiego, ażeby obserwować pod mikroskopem cały akt zapłodnienia.

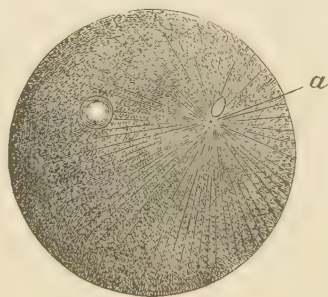
Po dolaniu wody z plemnikami, widzimy, że te ostatnie szybko zaczynają się poruszać, otaczają jaja w znacznej liczbie, kierując się

do nich główkami: jak tylko jeden z plemników zbliża się do jaja, następuje reakcja ze strony jaja (patrz rycinę 212), polegająca na tem, że protoplazma jego, w miarę zbliżania się plemnika, wypukła się, jakby dążąc do zetknięcia się z główką plemnika, który ostatecznie pod wpływem szybkich ruchów wahadłowych witki, szybko się w niej zanurza. Z chwilą, gdy główka zostaje otoczona protoplazmą jaja, ruchy nitki ustają. Teraz główka oddziela się od nitki, z wydłużonej i zakończonej spiczasto, robi się kulistą, jednocześnie obraca się około osi w ten sposób, że wstawka, przylegająca do główki zwraca się ku jądry żeńskiemu; a ponieważ w tej ostatniej znajduje się centrozom, więc główkę posuwającą się ku jądry jaja, ciągle poprzedza centrozom. Już od chwili gdy centrozom zostaje zwrócony ku jądry jaja, protoplazma jaja za-

Rycina 212.



Rycina 213.



Jajo w chwili zbliżania się plemnika.

Jajo po zapłodnieniu — a. Centrozom.
plemnika.

czyna się układać promienisto, przyczem wszystkie promienie są skierowane ku centrozomowi (patrz ryc. 213). W miarę jak jądra obu komórek zbliżają się ku sobie, promienie protoplazmy rozchodzą się, rozsuwają, tworząc w ten sposób pośrodku przezroczyste kółko, nie zawierające promieni, a gdy się oba jądra zupełnie do siebie zbliżą, wtedy promienistość protoplazmy obejmuje jednym wspólnym kołem oba jądra. Osłonki obu jąder znikają, pętle chromatynowe jaja i plemnika mieszają się z sobą i tworzą luźny kłębek. Od tej chwili rozpoczyna się zwykle właściwy rozwój zarodka.

Zachodzić może wątpliwość, czy wobec różnicy w wielkości obu jąder, wypada je uważać za równoważnościowe. Wątpliwość tę do pewnego stopnia usuwają badania nad rozwojem plemników i dojrzewaniem jaj. Widzieliśmy wyżej, że każdy z tych elementów, tak główka

plemnika, jak *pronucleus femininus*, zawierają jednakową liczbę chromozomów, a mianowicie połowę tej, jaką znajdujemy w komórce danego gatunku. Fakt ten został przynajmniej stwierdzony dla wielu niższych zwierząt, a w szczególności dla jeźowców. Tak np. u *echinus micraturberculatus* mamy w komórce dorosłego zwierzęcia 18 pętli chromozomów, a w plemniku i *pronucleus femininus* tylko po 9, a więc z chwilą gdy się złączą pętłe plemnika z pętlami jądra jaja, liczba ich wynosi znowu 18. Ze spostrzeżeń tych wynika również, iż pętłe te tak są do siebie podobne, że gdy się utworzy kłębek luźny, niepodobna odróżnić pętli jajka od pętli plemnika.

Jeżeli przed zapłodnieniem poddamy jaja działaniu chloroformu lub innych środków, ubezwładniających protoplazmę, to plemnik, dostawszy się do uśpionego jaja, posuwa się znacznie wolniej i pozostając przez dłuższy czas wśród protoplazmy, zmienia się, mianowicie główka jego pęcznieje i dochodzi do wielkości jądra jaja, przyczem pętłe chromatynowe w niej się rozluźniają i stają się widoczne. Podobne zjawisko obserwowano także przy zapłodnieniu jaja *ascaris megalocephala*. Jednakowa liczba pętli chromatynowych w jaju i plemniku, pęcznienie główki plemnika, przemawiają za tem, że pomimo różnicy co do wielkości, oba te twory mogą być uważane za równoważnościowe.

Ażeby rozstrzygnąć, które z wymienionych części jaja lub plemnika są niezbędne do pobudzenia komórki jaja do dalszego rozwoju, musimy uwzględnić następujące fakta. W przypadkach patologicznych, gdy kilka plemników naraz dostaje się do jaja, z reguły zespala się z jądrem jaja tylko jeden (Rückert, Oppel); inne tworzą wprawdzie figury karyokinetyczne na swoją rękę i okazują promienistość, lecz w rozwoju zarodka udziału nie biorą i z czasem znikają. Plemniki przenikające do tych części protoplazmy jaja, które nie zawierają jądra, mają się rozwijać w nowy organizm. Przy zastosowaniu pewnych odczynników, można wprowadzić do jaja plemniki w ten sposób, że główka ich umieszcza się w części obwodowej i tylko centrozom otoczony promieniami zdąża do jądra jaja; pomimo to, podział jaja przychodzi do skutku, jak po zapłodnieniu normalnem. Otóż gdy drugi przypadek świadczy o tem, że jądro jaja nie jest czynnikiem niezbędnym do rozwoju zarodka, a przynajmniej do podziału jaja, przypadek trzeci przemawia za tem, że główka plemnika również nie jest pod tym względem niezbędną i że główną rolę gra tu centrozom plemnika; a ponieważ spostrzeżenia nad innymi zwierzętami wykazały, że z wszelkiem prawdopodobieństwem centrozom jaja może całkowicie zniknąć, więc Bo-

very wyprowadza ztąd następującą teorię zapłodnienia: Podczas zapłodnienia spotykają się z sobą dwie komórki specyficzne: jajo, złożone z wielkiej ilości protoplazmy i jądra — lecz z centrozomem, który utracił zdolność pobudzenia jaja do podziału, i plemnik, posiadający jądro z energiczniejszym centrozomem, lecz z niedostateczną dla rozwoju zarodka ilością protoplazmy. Dopiero wzajemne uzupełnienie się tych komórek przy ich zespoleniu się wytwarza warunki niezbędne dla rozwoju zarodka; jajo dostarcza protoplazmy odżywczej, plemnik czynnej protoplazmy właściwej z centrozomem. Zespolenie się chromatyny obu jąder, ma na celu przelanie cech rodzicielskich nowemu potomkowi; w pętłach bowiem chromatynowych mamy najprawdopodobniej siedlisko cech dziedzicznych.

Wobec takiego wyjaśnienia istoty zapłodnienia, wypadłoby postawić sobie pytanie, czy w zapłodnieniu może brać udział więcej, niż jeden plemnik. Z obserwacyj, które w tym względzie czyniono, dziś wiemy, że z chwilą, gdy jeden plemnik wnika do jaja, to ostatnie szybko wytwarza na powierzchni swojej błonkę, którą zabezpiecza się od wtargnięcia innych plemników; jeżeli jednak jajo zostanie za pomocą pewnych czynników zmienione, jak np. za pomocą chloroformu, morfiny, i t. p., to może ono przyjąć więcej niż jeden plemnik, ponieważ nie może wytworzyć owej błonki. Zjawisko to nazywamy polispermia patologiczną. W ostatnich czasach spostrzegano także polispermia fizyologiczną, mianowicie u niektórych ryb i gadów, a więc u tych zwierząt, których jaja posiadają znaczną ilość deutoplazmy. Te same badania wykazały jednakże, że zwykle tylko jeden plemnik zespala się z jądrem jaja, wszystkie zaś inne, jakkolwiek przez jakiś czas mogą wywoływać pewne zmiany w protoplazmie, do jądra się nie zbliżają i z czasem zostają asymilowane przez protoplazmę jaja.

U zwierząt wyższych a prawdopodobnie i u człowieka, zapłodnienie jaja plemnikiem z reguły następuje w trąbce, w jej pierwszej trzeciej części od końca. Oczywiście z tego wynika, że plemniki muszą się dostać z pochwy, dokąd zostały wniesione podczas aktu kopulacji, nie tylko do macicy, ale następnie także odbyć pewną część drogi przez trąbkę, nawet w kierunku przeciwnym ruchowi migawkowemu trąbki. Ruch ten odbywa plemnik za pomocą swej witki, która szczególnie silnie się porusza w macicy i trąbce, pod wpływem wydzieliny błony śluzowej tych narządów. Przypuszczano także pewien specjalny mechanizm, który miałby ułatwiać plemnikom wejście do macicy. I tak sądzono, że część pochwowa macicy posiada szczególną zdolność erekcji.

wskutek której ma się rozszerzać kanał szyi; następnie sądzono, że macica kurcząc się podczas kopulacji, wyciska z siebie śluz, który podczas rozkurczu zostaje wraz z nasieniem wciągnięty napowrót. Również zdaniem niektórych autorów, nasienie podczas ejakulacji miałoby dostawać się wprost do szyi macicy. Jednakże wszystkie te tłumaczenia okazały się bądź nieprawdziwymi, bądź pozbawionymi dostatecznych dowodów. Stwierdzono bowiem, że zapłodnienie może nastąpić bez aktu kopulacji, w ścisłym tego słowa znaczeniu; wystarcza bowiem, aby tylko nasienie dostało się do przedsionka, lub zostało złożone na hymenie, ażeby zapłodnienie mogło nastąpić. Fakty podobne niewątpliwie świadczą o tem, że tylko własne ruchy plemnika powodują wędrówkę jego w częściach rodnych żeńskich; lecz wobec tych samych faktów wypada również przyjąć, że tylko bardzo niewielka część nasienia dostaje się do macicy, podczas gdy reszta pozostaje w pochwie i bywa z niej wydalana. Tem się po części tłumaczy, dlaczego, mimo że do zapłodnienia wystarcza jeden plemnik, tak znaczną liczbę plemników znajdujemy w nasieniu, zebranem z jednej ejakulacji. Łode obliczył, że w 1 mm³ nasienia psa znajduje się przeszło 60.000 plemników, a w jednej ejakulacji przeszło 55 milionów. Według tegoż autora 1 mm.³ nasienia ludzkiego zawiera przeciętnie także 60.000 plemników, jedna zaś cała ejakulacja przeszło 226 milionów.

To zabezpieczenie zapłodnienia kosztem wielkiej liczby plemników, wykazują również klasyczne doświadczenia Spalanzaniego na żabach i rybach; jeżeli bowiem zmieszymy 0.01 gr. nasienia z 5000 cm³ wody, to kropla tego płynu może wystarczyć do zapłodnienia jednego jaja.

B) Fizjologia rozwoju.

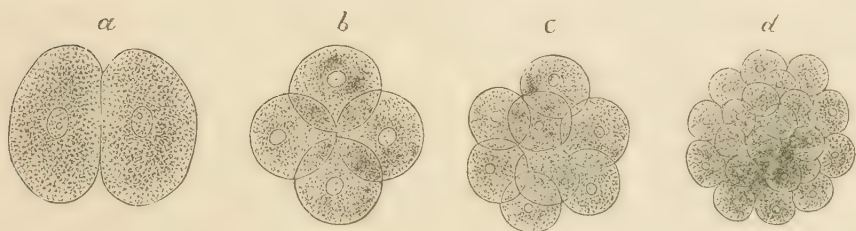
Podział jajka, bruzdkowanie i segmentacja.

Od chwili, kiedy nastąpiło połączenie się chromosomów jaja i plemnika, a w niektórych przypadkach także połączenie się centrozomów, rozpoczyna się rozwój zarodka. Rozwój ten, podobnie jak wszystkie objawy życia, może się odbywać tylko wśród pewnych, ściśle określonych warunków temperatury i składu chemicznego bezpośredniego otoczenia. Dla każdego gatunku zwierząt są inne granice, w których może się wahać temperatura, potrzebna do rozwoju zarodka; podczas gdy jaja jednych zwierząt rozwijają się w temperaturze 0° C., np. niektórych ryb, rozwój innych zwierząt może się odbywać tylko w tempera-

turze, zbliżonej do temperatury ciała zwierzęcia dorosłego, jak np. u wszystkich zwierząt ciepłokrwistych. W miarę obniżania się ciepłoty, rozwój zarodka się zwalnia i w pewnej niskiej temperaturze zupełnie ustaje. Różnica między temperaturą wyższą a niższą polega na tem, że jaja oziębione po ponownem ogrzaniu do temperatury im właściwej, mogą dalej się rozwijać, podczas gdy jaja przegrzane obumierają i nawet w odpowiedniej ciepłocie dalej się już nie rozwijają.

Sam początkowy rozwój zarodka, u wszystkich zwierząt bez wyjątku, polega na tworzeniu się, drogą podziału karyokinetycznego, całego szeregu komórek z jednej komórki jaja, zespolonej z plemnikiem. Elementem, który bierze czynny udział w podziale, jest protoplazma, podczas gdy druga część komórki, tak zwana deutoplazma, zachowuje się

Ryc. 214.



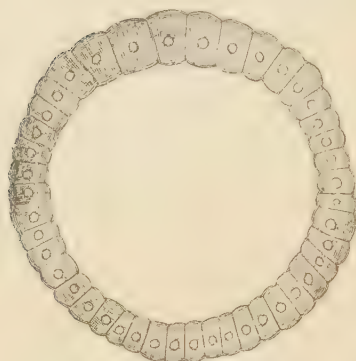
Segmentacja jaja. d. morula.

zupełnie biernie. Wskutek tego i podział jaja zależy od stosunku protoplazmy czynnej do biernej, czyli stosunku protoplazmy do deutoplazmy albo paraplazmy (Kupfer) i odpowiednio do ich wzajemnego rozmieszczenia bywa rozmaity. Pod tym względem można odróżnić w podziale komórek następujące kategorie: 1) Podział całkowity i równomierny, 2) Podział całkowity nierównomierny i 3) Podział niecałkowity i nierównomierny, czyli tak zwany tarczowy.

1) Podział całkowity równomierny. Jeżeli protoplazma i deutoplazma są w jaju rozmieszczone równomiernie, a jądro po zapłodnieniu leży w środku komórki, to jajo, po wytworzeniu się gwiazdy macierzystej z jądra, dzieli się tak, jak każda inna komórka, t. j. chromozomy się rozszczepiają podłużnie, ściągają się ku centrozomom, tworzą gwiazdy pochodne, poczem następuje przewężenie w równiku i komórka macierzysta rozpada się ostatecznie na dwie zupełnie równe komórki pochodne (Tochterzellen). Komórki te są początkowo spłaszczone w miej-

scu zetknięcia się, lecz następnie przybierają kształt kulisty, i wtedy każda młoda komórka-córka podlega nowemu podziałowi na dwie części, tak, iż powstają 4, z tych 8, 16 i t. d. komórek (patrz ryc. 214).

Ryc. 215.



Blastula.

Ponieważ jajo było otoczone osłonką (*zona pellucida*), ponieważ w miarę tworzenia się nowych komórek, ilość protoplazmy żywej, wogóle cała masa protoplazmy wzrasta, prawdopodobnie wskutek przyswajania pewnych substancji z otoczenia, więc jajo musi się powiększyć i przybrać wejrzenie kuli groniastej na powierzchni, przypominającej malinę lub morwę. Dla tego to stadium rozwoju nazwano morulą.

Na przekroju morula ma kształt koła całkowicie wypełnionego przekrojami pojedynczych komórek, nie posiada więc żadnej jamy wewnątrz. Jednakże, gdy ilość komórek dochodzi do pewnej liczby, wtedy w środku moruli tworzy się jama wypełniona cieczą, w ten sposób, że komórki odsuwają się coraz bardziej ku obwodowi, tak, że w końcu z moruli powstaje pęcherzyk, którego

Ryc. 216.



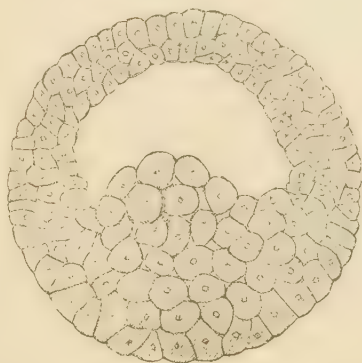
Jajo w chwili podziału całkowitego nierównomiernego, a płaszczyna podziału przechodzi pionowo, b. płaszczyna podziału poziomo.

ściany tworzy jedna lub dwie warstwy komórek, a wewnątrz wypełnia ciecz. To stadium rozwoju zarodka nazywamy blastulą (patrz ryc. 215). Takiemu podziałowi typowemu podlegają jaja przeważnie zwierząt bez-

kręgowych, z kręgowców zaś tylko *amphioxus lanceolatus*, u którego mianowicie pierwsze cztery komórki powstają zupełnie prawidłowo i są jednakowe, podczas gdy z następnych ośmiu cztery są nieco większe od drugih czterech i u ssaków.

2. Podział całkowity nierównomierny. Jaja innych kręgowców, ryb, płazów, gadów i ptaków, posiadają stosunkowo małą ilość protoplazmy, a względnie dużą deutoplazmy, przyczem protoplazma zbiera się przeważnie w większej ilości na jednym miejscu, zwanem biegunem protoplazmatycznym. W jajkach płazów biegun ten zajmuje górną część jaja i jest zabarwiony, reszta zaś protoplazmy zajmuje dolną część komórki, prawdopodobnie wskutek jej większego ciężaru gatunkowego i tworzy tak zwany biegun odżywczy, wegetatywny. Z jaj ulegających temu drugiemu rodzajowi podziału, najbardziej zbliżone do poprzedniego rodzaju są jaja płazów. Podczas pierwszego i drugiego podziału wrzecionko achromatynowe ustawia się poziomo, lecz nie w środku jaja, tylko bliżej bieguna protoplazmatycznego (patrz ryc. 216 a), płaszczyzny zaś podziału przechodzą przez oba bieguny, a więc w kształcie południka i prostopadle do siebie. Po pierwszych dwóch podziałach otrzymujemy 4 równe komórki, w których jądra leżą w części górnej, lecz po trzecim podziale, podczas którego wrzecionko ustawiają się pionowo, płaszczyzny zaś podziału przebiegają poziomo, powstaje 8 komórek, z których 4 górne są mniejsze, 4 dolne większe (patrz ryc. 216 b). Jakkolwiek zatem w rezultacie otrzymujemy podział nierówny, to jednak całkowity. Ponieważ górne komórki zawierają mniej deutoplazmy i dzielą się o wiele szybciej niż dolne, przeto po pewnym czasie mamy na biegunie górnym więcej komórek mniejszych, niż na biegunie dolnym; powstaje więc także morula, która się tem różni od poprzedniej, że składa się z komórek nierównych. W dalszem stadyum górne komórki układają się w dwie lub trzy warstwy i odsuwają się od dolnych, tak, że w środku powstaje jama, ograniczona od góry komórkami mniejszemi, od dołu komórkami większemi. W tem drugim stadyum, t. j. blastuli, otrzymujemy wprawdzie

Ryc. 217.



Blastula powstała wskutek podziału całkowitego nierównomiernego.

pęcherzyk, jednakże ściany jego nie są jednakowo grube, mianowicie część górna jest cieńsza, dolna zaś grubsza, w górnej są 2—3 warstwy komórek, w dolnej kilka do kilkunastu pokładów komórek (patrz ryc. 217).

3. Podział niecałkowity i nierównomierny. W jajkach gadów i ptaków protoplazma zajmuje tylko małą część żółtka, a mianowicie górną, podczas gdy cała reszta jaja składa się z deutoplazmy. Ponieważ deutoplazma przedstawia niejako czynnik hamujący podział protoplazmy, więc ta ostatnia nie może wywołać podziału deutoplazmy, która też w rzeczywistości nie ulega podziałowi. Ponieważ protoplazmę znajdujemy tylko w górnej części i to na ograniczonej przestrzeni, gdzie tworzy okrągłą tarczę, przeto i bruzdkowanie ogranicza się tylko do tej okolicy. Gdy jądro, wskutek karyokinezy, podzieli się na dwie części, deutoplazma także rozpada się na dwie części, powodując powstanie bruzdy, przechodzącej przez środek tarczy. Jakkolwiek więc w tym okresie jajo posiada dwa jądra, to jednakże nie przedstawia dwu osobnych komórek. W następnym okresie jądra te się dzielą, wskutek czego powstaje nowa bruzda, przecinająca pierwszą pod kątem prostym i również ślepo się kończąca na granicy protoplazmy z deutoplazmą. Wtedy już tarcza jest podzielona na 4 części, czyli kwadranty. Podczas dalszego podziału, bruzda odcinająca centralną część 4 kwadrantów od resztki żółtka, wskutek dalszego podziału, tworzy w ten sam sposób całą grupę odcinków, przyczem środkowe dzielą się prędzej i na mniejsze części, niż brzeżne. Równocześnie z tym podziałem, nazwanym powierzchniowym, odbywa się drugi podział, wskutek którego górna część komórek oddziela się od dolnej w płaszczyźnie poziomej. W ten sposób górny odcinek przeistacza się w część odpowiadającą do pewnego stopnia moruli, dolny zaś przedstawia wprost deutoplazmę. Jeżeli w tym okresie rozwoju zarodka sporządzimy preparaty mikroskopowe, to na skrawkach pionowych zobaczymy następujący obraz: od góry szereg wyraźnie odgraniczonych komórek, od dołu komórki z boków i od góry odgraniczone, lecz od dołu złączone z deutoplazmą.

Gdy następnie i te ostatnie zaczną się dzielić, wtedy z nich wytwarzają się nowe dwa szeregi komórek: komórki zupełnie odgraniczone górne i komórki dolne, połączone z żółtkiem odżywcem. W tych ostatnich komórkach ciągle odbywa się asymilacja deutoplazmy, wskutek której deutoplazma przeistacza się w protoplazmę, przez co, chociaż wolno, jednakże stale podział posuwa się w głąb jaja. W ten sposób i w jajach ptaków i gadów tworzy się morula, która jednakże różni się tem od poprzednich, że pewna liczba komórek, ułożonych w kilka lub kilka-

naście warstw, tworzy tarczę, przylegającą do niepodzielonej deutoplazmy i dlatego podział taki nazwano tarczowym (*discoidalis*).

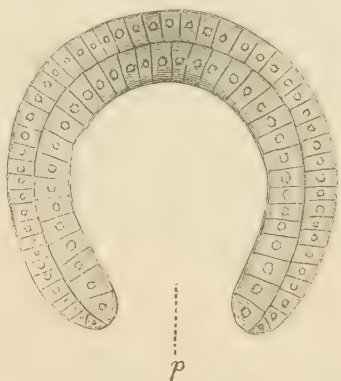
W miarę, jak się podział komórek posuwa naprzód, pomiędzy górną a dolną warstwą komórek, już w bardzo wczesnym okresie, zjawia się ciecz, która odsuwa jedną warstwę od drugiej i gdy ilość tej cieczy się zwiększy, mamy okres odpowiadający blastuli; jednakże stosunkowo mocna i niepodatna błona zewnętrzna, nie pozwala na znaczne rozsuniecie się wspomnianych warstw, przez co jama wewnątrz zarodka dochodzi tylko do wielkości prawie mikroskopowej szpary.

Tworzenie się listków zarodkowych.

OKRES GASTRULI.

Z chwilą, gdy się utworzyła blastula, rozpoczyna się wśród jej elementów, jakby rodzaj specyalizacji funkcji. U *amphioxus lanceolatus* większe komórki, w zwartym szeregu, zaczynają się wpuklać do jamy blastuli i zacieśniają jej przestrzeń, zbliżając się coraz bardziej ku komórkom mniejszym, tak, iż wkrótce wolna przestrzeń pomiędzy jednymi a drugimi znika, a komórki szczelnie przylegają do siebie. Wskutek tego zarodek przybiera nową postać (patrz ryc. 218). Nasamprzód składa on się już z dwu warstw, po drugie wytwarza się w nim nowa jama, z jednej strony otwarta. Jedna z tych warstw komórek jest zwrócona ku zewnątrz, druga ku wewnątrz zarodka; te dwie warstwy nazywamy listkami zarodkowymi: jeden — zewnętrznym: ectoderma, drugi — wewnętrznym: entoderma. W skład entodermi wchodzi komórki większe, zawierające większą ilość deutoplazmy. Ten, obecnie dwuwarstwowy zarodek, o tyle się zwiększa, że otaczająca go błona pęka, on się wydostaje na zewnątrz i pędzi życie samodzielne wśród cieczy, w której się ma rozwijać. Na komórkach zewnętrznych pojawiają się wypustki obdarzone ruchem migawkowym. Teraz powierzchnia wewnętrzna spełnia funkcję odżywcze, ectoderma zaś służy za organ ruchowy i ochronny dla całego zarodka. Okres ten nazywamy gastrulą. Ponieważ w dalszym rozwoju gastruli entoderma zamienia się na jelito, więc entodermę nazywamy prajelitem

Rycina 218.

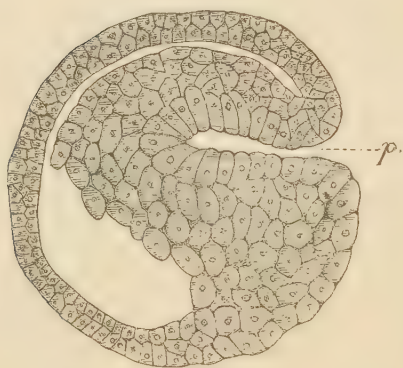


Gastrula. p. prągęba.

(*archointestinum*), a otwór, łączący ją z otoczeniem prągębą (*prostoma*); miejsce przejścia entodermy w ektoderme, zowiemy wargami. Z początku prągęba jest bardzo szeroka, lecz w miarę rozwoju zarodka ścieśnia się znacznie i ostatecznie pozostaje w postaci otworu, łączącego jamę wewnętrzną z otoczeniem zewnętrznym.

Przebieg okresu gastruli jest u płazów nieco inny. Widzieliśmy wyżej, że w okresie blastuli zarodek składa się z mniejszych komórek górnych i większych komórek dolnych, które tworzą jakby dno jamy. Otóż dalszy rozwój polega na tem, że górne komórki dzieląc się o wiele prędszej otaczają komórki dolne ze wszystkich stron, pozostawiając tylko

Rycina 219.



Gastrula, p. prągęba.

nad samym biegunem dolnym pole, którego nie zapełniają, a które wyróżnia się barwą żółtawą; jest to prągęba. Komórki jasne, wpuklające się do środka blastuli, tworzą entoderme, pozostawiając między sobą wąską szparę — prajelito (patrz ryc. 218). Wskutek dalszego rozwoju komórek górnych, zawierających barwik, komórki jaśniejsze zostają całkowicie wsunięte ku środkowi, a jednocześnie zaczyna się powiększać prajelito. Teraz na stronie górnej, grzbietowej zarodka znajdujemy dwie warstwy komórek, z których jedna sta-

nowi ektoderme; druga entoderme; w dolnej zaś części pozostaje zwykle kilka warstw komórek, posiadających dużą ilość deutoplazmy. Jakkolwiek prajelito nie gra tu takiej roli, jaką widzieliśmy wyżej i nawet prągęba może być zaciśnięta kilku komórkami, które tworzą tak zwany czopek, to jednakże analogia i w tym przypadku z poprzednimi jest widoczna.

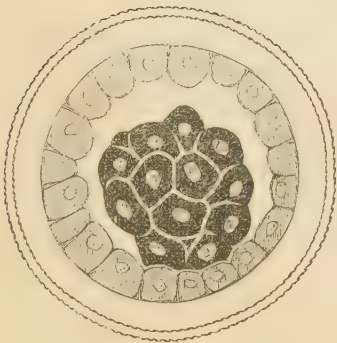
W jajach ptaków, gadów i ryb, które posiadają większą ilość deutoplazmy, w ostatnich czasach wykazano (Duval), również odpowiedni okres gastruli.

Pierwsze stadia rozwoju zwierząt ssących.

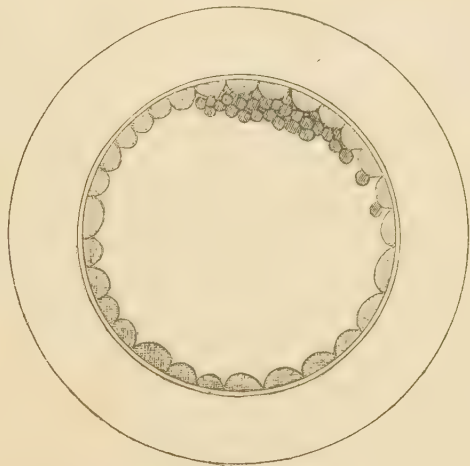
Zapłodnienie jaja u zwierząt ssących i człowieka, jak zauważyliśmy wyżej, *de regula*, następuje w pierwszej trzeciej części trąbki od

strony jajnika. Dzięki ruchowi migawkowemu zapłodnione jajo posuwa się w jajowodzie i dostaje się do macicy, gdzie przechodzi pierwsze stadya rozwoju. Podział takiego jaja, leżącego zupełnie swobodnie na błonie śluzowej macicy, otoczonego oprócz *zona pellucida* jeszcze błoną galeretową, która się wytworzyła w trąbce, jest całkowity i równomierny, w rezultacie więc otrzymujemy morulę, która się składa z komórek zupełnie jednakowych. W dalszym rozwoju zjawia się wśród komórek moruli płyn, który odsuwa komórki ku powierzchni tak, że zarodek przechodzi w stadium blastuli. W blastuli mamy warstwę ko-

Ryc. 220.



Ryc. 221.



Jajo królika w okresie gastruli.

Jajo królika w okresie rozpoczynającego się tworzenia listków zarodkowych.

mórek wielobocznych, jasnych, a prócz tego do jamy blastuli zwiesza się kilka komórek nieco większych i mniej prawidłowych (patrz ryc. 220), które stopniowo rozpościerają się po powierzchni pierwszej warstwy, obrastając ją od wewnątrz i w ten sposób tworzą drugą ścianę jamy blastuli (patrz ryc. 221). Jednocześnie komórki obwodowe spłaszczają się, zaś z komórek wewnętrznych stopniowo powstają dwie warstwy: zewnętrzna z komórek cylindrycznych i wewnętrzna z okrągłych. W miarę, jak te dwie warstwy obrastają jamę zarodka, komórki zewnętrzne coraz bardziej się spłaszczają i następnie zupełnie zanikają, nie przyjmując udziału w dalszej budowie zarodka, który tworzy się tylko z warstwy

komórek cylindrycznych i okrągłych. Pierwotna warstwa komórek zewnętrznych, która powoli zanika, nazywa się warstwą Raubera.

Listki więc zarodkowe powstają wyłącznie tylko z komórek cylindrycznych i okrągłych, uwidoczniają się one na powierzchni zarodka w postaci owalnej tarczy zarodkowej, ta zaś spoczywa na płynie, który wypełnia jamę zarodka i leży jakby w pęcherzyku, utworzonym z osłonki jaja i z warstwy Raubera, dopóki jej tarcza zarodkowa nie obrośnie zupełnie. Gdy następnie tarcza zarodkowa otoczy cały płyn, przyczem ektoderma rośnie prędzej niż entoderma, otrzymamy pęcherzyk, który przez analogią nazwano pęcherzykiem żółtkowym. W tym okresie zarodek zwierząt ssących odpowiada gastruli i różni się tylko tem, że jama zarodka jest całkowicie obrośnięta, że zarodek stanowi całkowity pęcherzyk; jednak treść pęcherzyka zasadniczo się różni od pęcherzyka żółtkowego jaj ptaków; nagromadza się ona wskutek osmozy, kosztem otaczającej cieczy w jajowodzie lub macicy, podczas gdy u ptaków wyłącznie zawiera deutoplazmę.

Jeżeli to stadium rozwoju zarodka zwierząt ssących w rzeczywistości odpowiada gastruli, to zarodek powinien posiadać prąbę prowadzącą do jamy wewnętrznej pęcherzyka żółtkowego, który odpowiada prajelitu. Wprawdzie otworu takiego do ostatnich czasów nie wykazano, zauważono jednakże okres, w którym tarcza przybiera kształt jajowaty na przekroju, t. j. gdy się wyróżnia w nim przednia część szersza, z której w przyszłości powstaje głowa i część tylna węższa, która odpowiada tylnym częściom ciała przyszłego zwierzęcia. W tym okresie, w tylnej części powstaje zgrubienie z bruzdką na powierzchni, w którym znajdujemy dwie lub trzy warstwy komórek, które odpowiadają listkom zarodkowym. Otóż to zgrubienie uważają za miejsce odpowiadające prąbie, ponieważ w tej okolicy jeden listek przechodzi bezpośrednio w drugi, t. j. zewnętrzny w wewnętrzny.

Tworzenie się trzeciego listka zarodkowego.

W czasie tworzenia się gastruli, rozpoczyna się zmiana kształtu zarodka i to bez różnicy u wszystkich zwierząt. Pierwotnie zarodek albo zajmuje tylko małą przestrzeń na powierzchni jaja, tworząc tarczę zarodkową, albo też tworzy pęcherzyk kulisty. W następnym okresie, w pierwszym przypadku, tarcza się wydłuża, staje się eliptyczną, przyczem z jednej strony jest szerszą niż z drugiej; w drugim

cały pęcherzyk przybiera również kształt ciała wydłużonego. Z chwilą, gdy się utworzy gastrula, rozpoczynają się pewne przestoczenia w warstwie wewnętrznej. Przestoczenia te występują najwyraźniej u zwierząt niższych i stanowią trzeci okres, mianowicie okres tworzenia się trzeciego listka zarodkowego, mezodermy. I tak np. u ascydji, od górnej, grzbietowej części listka wewnętrznego, zaczynają się tworzyć dwa wypuklenia, ciągnące się wzdłuż całego zarodka, od prągeby aż do przeciwnego bieguna. Wypuklenia te, rosnąc ku bokom i ku wewnątrz, wtłaczają się ostatecznie pomiędzy ektodermę i entodermę i w końcu tworzą dwa ślepe worki, leżące pomiędzy dwoma pierwotnymi listkami zarodkowymi. Worki te stanowią trzeci listek zarodkowy: jest to więc twór parzysty, rozwijający się z entodermy. Z powodu swego położenia, worki te mają kształt ciał spłaszczonych i dlatego możemy odróżnić w nich ścianę wewnętrzną, przylegającą do entodermy i zewnętrzną, przylegającą do ektodermy. Obie te ściany rozdzielone są wolną przestrzenią, którą nazywamy otrzewnową (*coeloma*). W miarę dalszego rozrastania się zarodka i te oba worki rozrastają się tak ku górze, jak i ku dołowi i w końcu stykają się z sobą, tak po stronie grzbietowej, jak i brzusznej, nad i pod prąjelitem, tworząc t. zw. *mesoderma dorsale* i *ventrale*. Te dwa pasma symetryczne przebiegają wzdłuż zarodka i dzielą go na połowę prawą i lewą; u niższych zwierząt, jak np. ascydji, takie przepołowienie zostaje na całe życie, u wyższych, już od początku jest niezupełne, a następnie w części zanika w obrębie jamy brzusznej, poniżej *ligamentum teres*; dlatego też tutaj istnieje swobodna komunikacja pomiędzy prawą i lewą połową jamy brzusznej od przodu, podczas gdy od tyłu pozostaje przedział jako mesenterium. W obrębie klatki piersiowej oba te połączenia pozostają jako *mediastinum anterius* i *posterius*. Część tych połączeń stanowi także *ligamentum suspensorium hepatis*.

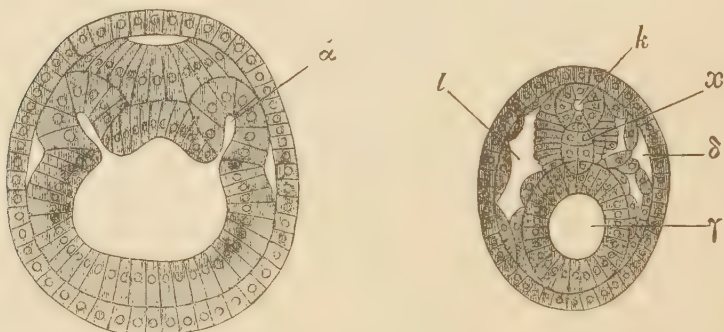
U wyższych zwierząt rozwój trzeciego listka zarodkowego jest więcej skomplikowany. I tak już u *amphioxus*, jednocześnie z mezodermą, która się rozwija w sposób analogiczny z entodermy, powstaje jeszcze nowy twór, mianowicie struna grzbietowa (*chorda dorsalis*), która charakteryzuje wszystkie zwierzęta kręgowce, z ektodermy zaś równocześnie, w grzbietowej części zarodka, w linii środkowej, wytwarza się układ nerwowy: komórki ektodermy zaczynają przerastać, wskutek czego powstają dwa podłużne wypuklenia, między którymi znajduje się zagłębienie. Zagłębienie to nosi nazwę *bruzdy rdzennej*, a owe wypuklenia — *fałdy rdzennych*. Fałdy te, rosnąc szybko ku górze, następnie

zbliżają się do siebie i stopniowo zlewają się z sobą zupełnie, na całej przestrzeni, zmieniając w ten sposób bruzdę rdzenną w kanał rdzenny. Gdy następnie, wskutek przerostu mezodermy, ektoderma zostanie oddzielona od zamkniętego kanału, kanał wtedy tworzy cewkę złożoną z jednej warstwy komórek nabłonkowych, zanurzoną wśród mezodermy. Z tej zamkniętej cewki powstałej z ektodermy wytwarza się w przyszłości cały układ nerwowy środkowy i obwodowy. Cewka ta, jak i początkowa bruzda rdzenna ciągnie się od przodu zarodka aż ku tyłowi, mianowicie do prągeby, i za pośrednictwem tejże łączy się z jamą prąjelita. Zlewanie się fałdów grzbietowych rozpoczyna się w środku za-

a.

Ryc. 222.

b.



Zarodek amphioxus: *a.* wpuklenie, z którego się wytwarza mezoderma, *b.* zarodek po wytworzeniu warstwy mezodermalnej, γ . jelito. δ . mezoderma w okresie tworzenia się somitów. — x . chorda dorsalis. — k . kanał rdzenny. — l . cavum pleuroperitoneale (coeloma).

rodka i posuwa się ku przodowi i ku tyłowi, wcześniej jednakże następuje to zlanie się od tyłu, niż od przodu. Ponieważ w okolicy prągeby bruzda, a następnie kanał rdzenny przechodzi bezpośrednio w jej wargi, przeto powstaje osobne połączenie, osobny kanał, między jelitem a bruzdą rdzenną, zwany *canalis neurentericus*.

Jednocześnie z temi zmianami w ektodermie zachodzą podobne zmiany w entodermie. I tak, nasamprzód z niej wyosabnia się pas komórek, tuż pod cewką rdzenną, z którego powstaje struna grzbietowa. Z boku powstają z obu stron struny dwa wpuklenia, z których się tworzą tak zwane worki mezodermalne, reszta zaś entodermy zamienia się w jelito prawdziwe (patrz ryc. 222 *a. b.*). Mezodermalne worki odosa-

bniają się od entodermy zupełnie i — podobnie jak u ascydii — wtłaczają się między entodermę i ektodermę, odsuwają jedną warstwę od drugiej. Pozostała część entodermy zamyka się od góry i zamienia w ten sposób przestrzeń prajelita w kanał, z którego się następnie wytwarza jelito rzeczywiste. Woreczki mezodermalne, przesuwając się pomiędzy entodermą i ektodermą, coraz bardziej odsuwają strunę grzbietową i oddzielają ją zupełnie od entodermy. Woreczki u *amphioxus* tem się różnią od woreczków u ascydii, że wskutek pierścieniowatych przewężeń zostają podzielone na szereg mniejszych woreczków leżących jeden za drugim na grzbietowej stronie zarodka; woreczki te nazwano praczlónkami (*metamerami*), i gdy u ascydii mezoderma jako całość obrasta prajelita, tu analogicznie zachowuje się każdy odcinek woreczka, każdy na własną rękę się rozrasta, a nadto każdy, gdy się rozwinię ku grzbietowej i brzusznej powierzchni, dzieli się na dwa odcinki, górny, czyli grzbietowy i dolny, brzuszny. Górne odcinki tworzą tak zwane somity, ciała posiadające małą jamę, około której układają się komórki promienisto. Somity zachowują to ugrupowanie i, wyrastając w dół, w bok i w górę, dają początek mięśniom poprzecznie prążkowanym, dlatego nazwano je także *myomerami*. Odcinki brzuszne skleja się z sobą, i w miejscu sklejenia ściany zanikają, przez co powstaje jedna jama otrzewnowa, wysłana jednolitą błoną, w której odróżniamy również warstwę ościenną i otrzewnową. Zarodek w czasie wszystkich tych zmian przybiera coraz bardziej kształt walcowaty, a jednocześnie na tylnym i przednim jego końcu powstaje wpuklenie ektodermy z jednej strony i entodermy z drugiej, wskutek czego ściana oddzielająca jedną od drugiej coraz bardziej cieńszeje i w końcu się przerywa, tak iż w ten sposób powstaje otwór gębowy i odchodowy.

Daleko trudniej wszystkie te fazy obserwować na zarodkach płazów, gadów i ptaków, szczególnie u dwóch ostatnich kategorii, u których wskutek tarczowego kształtu zarodka i ogromnej ilości żółtka, przestrzeń otrzewnowa (*coeloma*) ujawnia się bardzo późno; w każdym razie i tu przekształcenia są analogiczne do tych, które widzieliśmy wyżej.

Analogiczne stadyum rozwoju zarodka spotykamy także i u zwierząt ssących: w okresie tworzenia się mezodermy spotykamy jedną wspólną cechę, odróżniającą zarodki tych zwierząt od innych, a mianowicie, że w okolicy prągnięcia wszystkie trzy listki zarodka ściśle są z sobą zlane tak, iż ich niepodobna od siebie odróżnić; i jakkolwiek w innych okolicach wyraźnie te listki dają się od siebie oddzielić, to jednakże

głównym punktem wyjścia tego rozrostu i regeneracji jest okolica prąغبی.

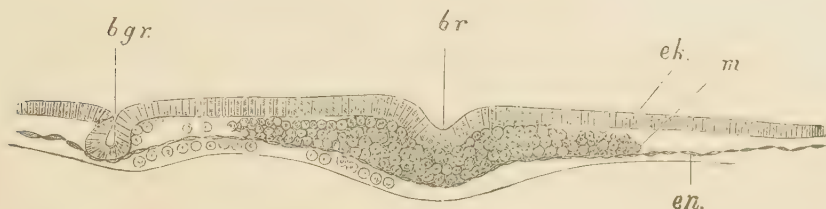
Najwcześniejsze stadyum rozwoju zarodka ludzkiego jakie dotychczas obserwowano, mianowicie stadyum trzech listków, opisał Spee; opis ten stwierdza najzupełniejszą analogią zarodka ludzkiego z zarodkami innych kręgowców.

Gdy już wszystkie trzy listki zarodkowe powstaną, zaczynają się z nich tworzyć wszystkie narządy dojrzalego zwierzęcia. Z ektodermy, jak nadmieniliśmy wyżej, powstaje cewka rdzena, z której z kolei wytwarza się układ nerwowy środkowy i obwodowy, wraz z narządami zmysłowymi; nadto z ektodermy wytwarza się nabłonek skóry i te narządy, które znajdują się w skórze, jak gruczoły potowe i łojowe, włosy i t. d. Z entodermy pochodzi nabłonek całego przewodu pokarmowego, dróg oddechowych i gruczołów obu narządów. Z mezodermy wreszcie powstają mięśnie, śródbłonek jamy otrzewnowej, narządy moczopłciowe, tkanka łączna i w ogóle wszystkie twory, które nie pochodzą z dwu poprzednich warstw.

Podczas dalszego rozwoju zarodków występują coraz wybitniej różnice między wyższymi a niższymi zwierzętami. Podczas gdy zarodki najniższych zwierząt już w pierwszych stadyach rozwoju przystosowują się w ten sposób, że mogą czerpać pożywienie z otoczenia, zarodki zwierząt wyższych, bądź wskutek tego, że znajdują w samej protoplazmie jaja znaczny zapas pożywienia (ptaki, gady i niektóre ryby), bądź dlatego, że, nie mając zapasu żółtka, przez błonę jaja mogą czerpać materiał odżywczy z błon śluzowych ustroju macierzystego (ssawce), odżywiają się głównie kosztem tego zapasu lub kosztem materiału dostarczanego przez ustrój macierzysty. Odpowiednio do tej różnicy warunków rozwoju zarodków, występuje także pewna zasadnicza różnica w ich kształcie. U wszystkich tedy wyższych zwierząt, po wytworzeniu się trzech listków zarodkowych, zarodek szybko rozrasta się we wszystkich kierunkach, jednocześnie unosi się ponad kulą żółtkową, a to wskutek tego, że między nim a pęcherzykiem żółtkowym powstają zagłębienia, które nazywamy bruzdami granicznymi. Rycina 223, przedstawia pierwszy okres powstawania takiej bruzdy u zarodka kurzego; *br.* bruzda rdzenia *bgr.* bruzda graniczna. Zagłębienia te polegają, jak widzimy, na wpukleniu się wszystkich listków zarodkowych pomiędzy zarodek a pęcherzyk żółtkowy. Porządek w którym one powstają jest następujący: nasamprzód powstaje bardzo głęboka bruzda graniczna przednia, wyosobniająca przednią część zarodka, t. j. przy-

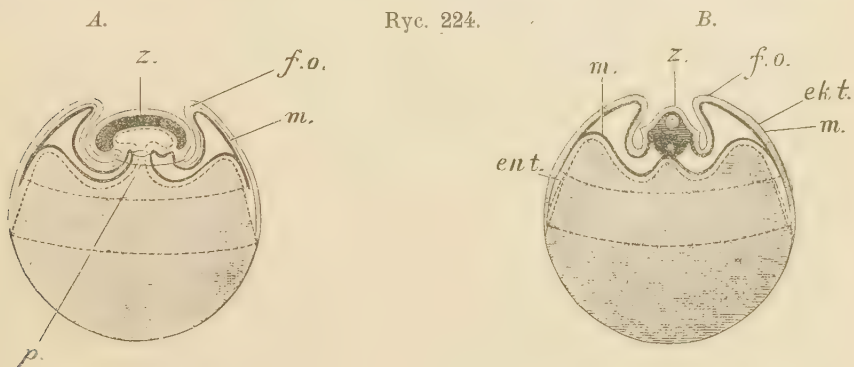
szłą głowę, następnie tworzą się dwie płytsze bruzdy boczne, a w końcu bruzda tylna. Wszystkie te bruzdy przechodzą jedna w drugą i są jakby wsznurowane pomiędzy zarodek a pęcherzyk żółtkowy. W miarę jak się te zagłębienia zwiększają, ostatecznie pomiędzy zarodkiem a pęche-

Ryc. 223.



Powstanie bruzd u zarodka. *br.* bruzda rdzenna. *bgr.* bruzda graniczna.

rzykiem żółtkowym powstaje pierścieniowe przewężenie na stronie brzusznej zarodka, które oddziela zarodek, posiadający kształt walcowaty, od kulistego pęcherzyka żółtkowego; przewężenie to nazywamy pępkiem (patrz ryc. 224 A. B.). Bruzda graniczna, pępek i prowadzący



A) *p.* pępek; *z.* zarodek; *f. o.* fałda owodni; *m.* mezoderma.

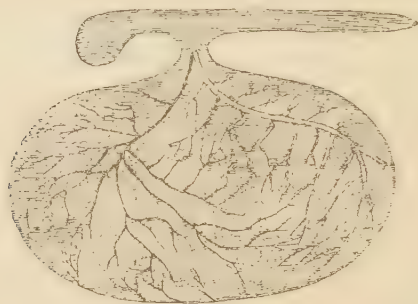
B) *ekt.* ektoderma; *f. o.* fałda owodni; *ent.* entoderma; *z.* mezoderma.

przez otwór pępkowy przewód żółtkowy, łączący jamę jelita z pęcherzykiem żółtkowym, tworzą się w sposób najprostszy u ryb, (patrz rycinę 225), a to z powodu, że u ryb jednocześnie z wytworzeniem się bruzdy granicznej nie rozwijają się dodatkowe narządy, które znajdujemy u wyższych zwierząt (ptaków i ssących), tak zwane błony płodowe.

Od tej chwili stosunek zarodka do pęcherzyka ciągle się zmienia: zarodek wzrasta kosztem pęcherzyka, ten ostatni zaś wciąż się zmniejsza, aż w końcu zostanie zupełnie wciągnięty do jamy brzusznej zarodka.

Sprawa odgraniczania się zarodka od pęcherzyka żółtkowego u ptaków różni się tem, że jednocześnie z zagłębieniami, które wytwarzają się naokoło zarodka, na zewnętrznej stronie tych zagłębień tworzy się fałda, która, przerastając coraz bardziej ku górze, tworzy błonę zarodkową, zwaną owodnią. Co się tyczy pęcherzyka żółtkowego, to pod tym względem nie przedstawiają zarodki ptaków żadnych różnic od zarodka ryb; pęcherzyk w miarę wzrostu także stopniowo się zmniejsza i w końcu zostaje wciągnięty do wnętrza zarodka. Z tą chwilą prajelito się za-

Ryc. 225.



Zarodek ryby.

myka od dołu, otwór w ścianie brzusznej zarasta i ściana brzuszna staje się gładką.

U ssawców sprawa wyosobnienia się zarodka od pęcherzyka żółtkowego zasadniczo także niczem się nie różni od przebiegu tej sprawy u ptaków, ponieważ jednakże pęcherzyk żółtkowy nie spełnia tego zadania, które ma u ptaków z powodu, że nie zawiera żółtka odżywczego, odżywianie zarodka w bardzo krótkim czasie stać się musi obowiązkiem macierzystego ustroju, do czego naturalnie muszą się wytworzyć właściwe narządy. Pęcherzyk żółtkowy, chociaż zostaje wyosobniony i połączony z zarodkiem tylko za pomocą przewodu żółtkowego, nie zostaje wcale wciągnięty do jamy brzusznej, lecz pozostaje jako szczątkowy organ, umieszczony w tak zw. pępowninie, i zwykle zostaje oddzielony od płodu mechanicznie po porodzie.

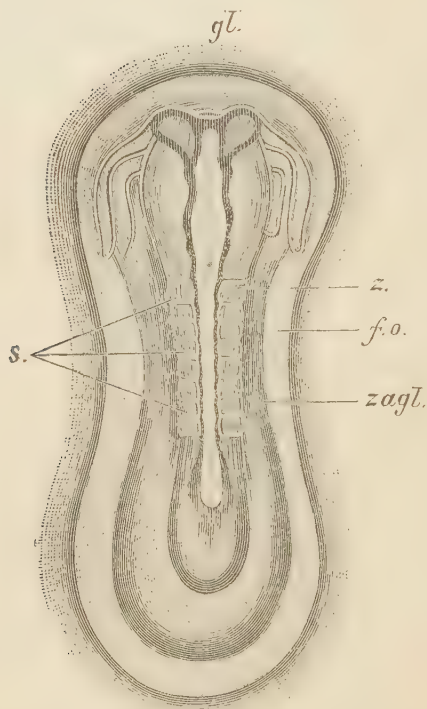
Tworzenie się błon zarodkowych.

U wszystkich zwierząt kręgowych wyższych, które nie składają swych jaj w wodzie, a mianowicie u płazów, ptaków i ssawców, rozwój zarodka wyróżnia się tem od wyżej opisanego u ryb, że obok wyosobnienia zarodka od pęcherzyka żółtkowego, wytwarza się kilka błon mających rozmaite przeznaczenie; błony te są: owodnia (*amnion*), błona surowicza i omocznia (*allantois*). Już w pierwszych okresach, kiedy się rozpoczyna podnoszenie się zarodka ponad pęcherzykiem żółtkowym, kiedy w brzeżnej części zarodka powstaje coeloma, wskutek której jedna warstwa mezodermy przylega do ektodermy, warstwa pierwsza, tak zw. mięsno-skórna lub grzbietowa, przerasta pod zarodkiem nieco wolniej, niż warstwa wewnętrzna, czyli kiszkowo-włóknista, a jednocześnie naokoło zarodka zaczyna się wytwarzać fałda, która nosi nazwę fałdy amniotycznej (patrz wyżej ryciny 224 A. B.). Najszybciej fałda ta rośnie z przodu i z tyłu, wolniej nieco z boków. Z chwilą gdy się utworzy głowa zarodka, fałda przednia szybko podnosi się ponad zarodkiem, i od części szyjnej począwszy, pokrywa całą głowę aż do grzbietu. Podobnie szybko rośnie fałda od strony tylnej, chociaż nieco później. W miarę wzrostu tych fałd blaszka skórno-mięśniowa coraz bardziej się oddziela od blaszki kiszkowej, która wprost przylega do pęcherzyka żółtkowego i tworzy właściwie jego ścianki. Fałdy owodnej dolna i tylna, jak również boczne, jakkolwiek rosną niejednakowo szybko, to jednakże schodzą się z sobą i przy oglądaniu zarodka z góry robią wrażenie wału, który coraz bardziej się podnosi naokoło zarodka tak, iż w końcu cały zarodek zostaje znacznie zagłębiony (patrz rycinę 225). Następnie, rosnąc coraz bardziej, fałdy błonki skórno-mięśniowej przechylają się ponad zarodek, dążą ku sobie i zwiężają otwór ponad zarodkiem. Gdy się w końcu brzegi fałdy zetkną ze sobą, tak się zrastają, że otwór, który przez jakiś czas istniał, znika zupełnie.

Od tej chwili naokoło zarodka powstaje właściwie osłonka, którą stopniowo nagromadzająca się ciecz coraz bardziej rozszerza. Ponieważ ciężar gatunkowy zarodka jest nieco mniejszy, niż ciężar cieczy, która się w owodnie nagromadza, więc zarodek, połączony z pęcherzykiem żółtkowym tylko zapomocą sznura, czyli t. zw. pępowiny, w cieczy tej pływa zupełnie swobodnie. Jednocześnie zewnętrzna błonka tego fałdu coraz bardziej się odsuwa od wewnętrznej, również wskutek nagroma-

dzającej się cieczy, i z chwilą, gdy się zamyka zupełnie blaszka wewnętrzna fałdu, tworząc *owodnią*, blaszka zewnętrzna oddziela się od niej całkowicie. Jeżeli teraz uprzytomnimy sobie, że blaszka zewnętrzna przechodzi bezpośrednio w osłonkę pęcherzyka, że się składa z dwu warstw: ektodermy i części mezodermy, podobnie jak i wewnętrzna, to

Ryc. 226.



Zarodek z góry. — *f. o.* fałd owodni *gł.* głowa
zagł. zagłębienie, *z.* zarodek, *s.* somity.

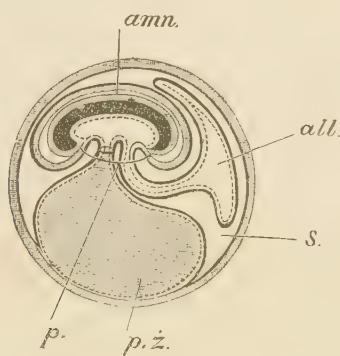
zewnętrzna; narządami tymi są od początku przewód pęcherzyka żółtkowego, utworzony z warstwy kiszkowo-włóknistej, i wypuklenie, występujące w tej samej warstwie od tyłu, tak zwana omocznia. Ponieważ jednocześnie warstwa środkowa coraz bardziej przerasta ku obwodowi, przyczem wskutek nagromadzającej się cieczy, warstwa kiszkowo-włóknista również coraz bardziej się oddziela od skórno-mięśniowej, w przestrzeni zaś tej nagromadza się ciecz, więc ostatecznie powstaje okres,

z chwilą, gdy ona się zupełnie oddzieli od owodni, będzie stanowiła drugą osłonkę jaja (pierwsza *zona pellucida*), zwaną surowiczą; układ warstw w tej osłonce będzie jednak odwrotny w stosunku do układu warstw w owodni; podczas gdy w owodni ku wewnątrz t. j. ku zarodkowi jest zwrócona warstwa, która bezpośrednio przechodzi w ektodermę, ku zewnątrz zaś blaszka pochodząca z mezodermy, w błonie surowiczej warstwa ektodermalna będzie leżała ku zewnątrz, a mezodermalna ku wewnątrz.

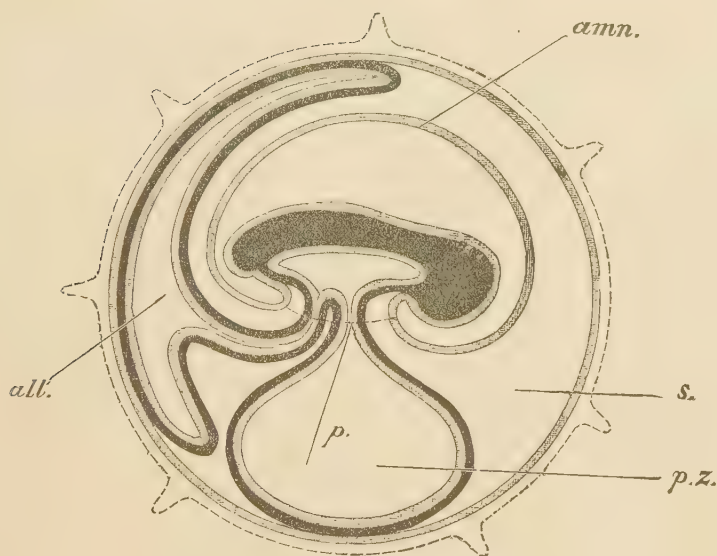
Owodnia aż do zupełnego rozwoju zarodka zostaje z nim połączona w miejscu, które nazywamy pępkiem, gdzie przechodzi w warstwę kiszkowo-włóknistą, tworzącą osłonę dla pęcherzyka żółtkowego. W miarę jak się nagromadza ciecz w owodni, począwszy od pępka, ta ostatnia obejmuje narządy, które wychodzą z pępka, i tworzy dla nich osłonę

w którym zarodek, pływający w owodni, z nią razem i z pęcherzykiem żółtkowym pływa w jamie błony surowiczej (patrz ryc. 227 i 228).

Rycina 227.



Rycina 228.



p. pępek, p. ż. pęch. żółtkowy, s. jama surowicza, all. allontois, am. amnion.

Oprócz mechanicznego znaczenia owodni dla życia zarodka, który pływając w cieczy jest do pewnego stopnia zabezpieczony od wszelkich szkodliwych insultów zewnętrznych, ma ona jeszcze za zadanie odży-

wiać go, przynajmniej w części, zawiera bowiem substancje białkowe i sole, które drogą osmozy mogą się dostawać do delikatnych młodych komórek warstwy zewnętrznej zarodka. Nadto otoczenie zarodka cieczą i pływanie swobodne, z chwilą, gdy w nim poczynają się rozwijać mięśnie i kończyny, ułatwia wykonywanie swobodnych ruchów.

Obserwacje Preyera wykazały, że ściana owodni jest kurczliwa i że kurczliwe elementy znajdują się w jej zewnętrznej warstwie, która pochodzi z mezodermy. I rzeczywiście począwszy od piątego dnia wyłęgania u kury można zauważyć w tej warstwie rytmiczne ruchy. Do obserwacji tych ruchów urządzono nawet osobny przyrząd, tak zw. ooskop, za pomocą którego można stwierdzić, iż mniej więcej kurczenie się owodni występuje co 10 minut; rozpoczyna się ono od jednego bieguna i przebiega do drugiego, przypominając do pewnego stopnia ruch robaczkowy. Wskutek tego ruchu, z jednej strony porusza się ciecz zawarta w owodni, z drugiej ruch ten wywołuje kołysanie się zarodka, które w późniejszych dniach staje się nawet bardzo wybitnem, gdyż i kurczenie się owodni staje się energicznijszem.

Błona surowicza, jakkolwiek składa się z tych samych warstw co owodnia, to jednakże jest zupełnie przezroczysta, więcej podatna i mniej silna, niż owodnia i dlatego też łatwo się rozrywa; przylega ona całkowicie do osłonki żółtka (*membrana vitellina*); z początku jako osobny twór błona ta występuje tylko w okolicy owodni; w miarę jak naczynia, o których będzie mowa niżej, obrastają żółtko, rozpościera się coraz dalej na błonie żółtkowej, a między nią i warstwą kiszkową mezodermy nagromadza się coraz więcej cieczy tak, że ku końcowi wyłęgania następuje całkowite oddzielenie tej błony od pęcherzyka żółtkowego, który teraz zostaje otoczony warstwą kiskowo-włóknistą (patrz ryc. 228). Z początku więc ściany pęcherza żółtkowego tworzyły wszystkie błonki zarodkowe, teraz, z chwilą wyosobniania się błony surowiczej, tworzy ją tylko warstewka entodermy, którą nazywamy kiskowo-gruczołową i wisceralna blaszka mezodermy.

Rozwój naczyń i krwi.

Zanim rozpatrzymy, w jaki sposób powstaje następna błona, mianowicie omocznia, musimy się zastanowić nad rozwojem naczyń i krwi, przynajmniej w pierwszych okresach rozwoju zarodka. Sprawa rozwoju naczyń i krwi niewątpliwie pozostaje w ścisłym związku z powstawa-

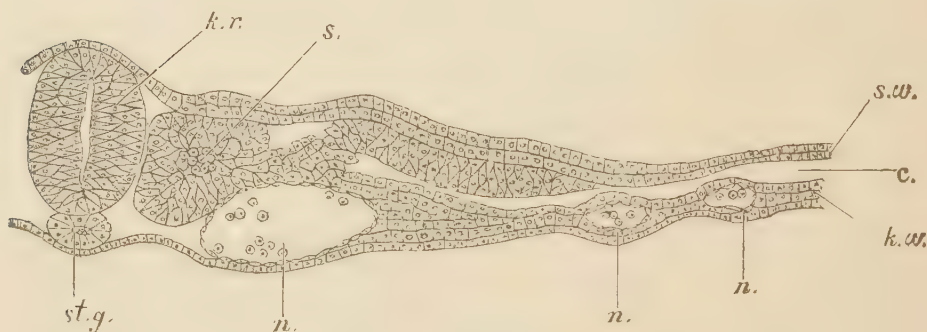
niem tkanki łącznej. Zapatrywania embryologów jednakże w obu tych względach, do ostatniej chwili, są bardzo sprzeczne; zresztą w ostatnich czasach daje się zauważyć zwrot do dawniejszej teorii, a mianowicie do tego zapatrywania, że źródłem tak tkanki łącznej, jak również naczyń i krwi są komórki, wyłaniające się z mezodermy, które, obdarzone ruchem amebowatym i zdolnością tworzenia wypustek, przesuwały się lukami, jakie są pomiędzy warstwami zarodka, i gdy się usadowią w rozmaitych miejscach, dają początek bądź tkance łącznej, bądź naczyniom. Nazywamy te komórki mezenchymem. Są także autorowie, którzy przypuszczają, że komórki te mają pochodzenie nabłonkowe. Zasadnicza różnica rozwoju tkanek z blaszek zarodkowych i z komórek mezenchymu polega na tem, że wszystkie narządy z pierwszych powstają wskutek tworzenia się fałdów lub zagłębień, podczas gdy ostatnie rozwijają się wskutek tworzenia się wypustek lub odspobnionych komórek, wędrują pomiędzy blaszkami zarodkowymi lub wytworzonymi z nich narządami i usadowiwszy się w rozmaitych miejscach, zaczynają się dzielić.

Tak samo są nieustalone zapatrywania i co do powstawania naczyń i krwi; podług jednych, gdy się rozpoczyna tworzyć tkanka łączna z owych komórek mezenchymu, wśród niej powstają przestrzenie, w których jedne komórki tego samego pochodzenia przekształcają się w endothelium, inne zaś zmieniają się w ciałka krwi. Podług innych, pierwsze zawiązki naczyń powstają w ten sposób, że w rozmaitych miejscach, wśród blaszek, na polu zarodkowym, tworzą się mniej lub więcej obszerne gniazda komórek, które się uszykowują w sznury. Sznurowe te z początku nie posiadają światła, są zupełnie jednolite, lecz z czasem zjawia się w nich ciecz; jedne komórki zostają odsunięte ku obwodowi i te zamieniają się w endothelium, z innych powstają ciałka krwi. Zdaniem innych jeszcze tkanka łączna ma powstawać z elementów środkowego listka, podczas gdy śródbłonek naczyń powstaje z entodermy. W końcu istnieją spostrzeżenia przemawiające za tem, że przynajmniej u płazów krew i endothelium powstają z entodermy.

Pomińmy zresztą zapatrywania teoretyczne i zastanówmy się tylko nad tem, jak się faktycznie sprawa przedstawia u zarodka. Jeżeli badamy zarodek kury, to ku końcowi pierwszego dnia wylegania, pomiędzy listkiem kiszkiowym i skórny, w częściach obwodowych, w pewnych miejscach komórki się nagromadzają w większej ilości i tworzą oddzielne gniazda, które stopniowo, lecz nierównomiernie się rozrastają w rozmaitych kierunkach; w ten sposób powstają połączenia między

temi gniazdami, które całej tej przestrzeni nadają wejrzenie siatki; zupełnie podobnie rzecz się przedstawia także u królika. Teraz rozpoczyna się przekształcanie elementów owej siatki; nasamprzód rozluźniają się środkowe elementy, zjawia się ciecz, która je odpycha ku obwodowi; z tych komórek tworzą się ściany przyszłych naczyń — właściwy pokład śródbłónka; niektóre zaś z komórek zaokrąglają się i sterczą ku wewnątrz; z początku przylegają one do ściany, lecz następnie się odosobniają i pływają w cieczy; są to małe kuliste, komórki, z jądrem zawierające jeszcze ciemne ziarenka żółtkowe, które w miarę, jak się w nich zjawia hemoglobina, nabierają słabo żółtawej barwy. Z nich więc wytwarzają się ciała krwi. Ku końcowi drugiego dnia proces ten posuwa się

Rycina 229.



Powstawanie naczyń, kr. kanał rdzeniowy, s. somity, st. g. strona grzbietowa, sw. blaszka skórno włóknista, n. naczynia, kw. blaszka kiszkowo-włóknista, c. coeloma.

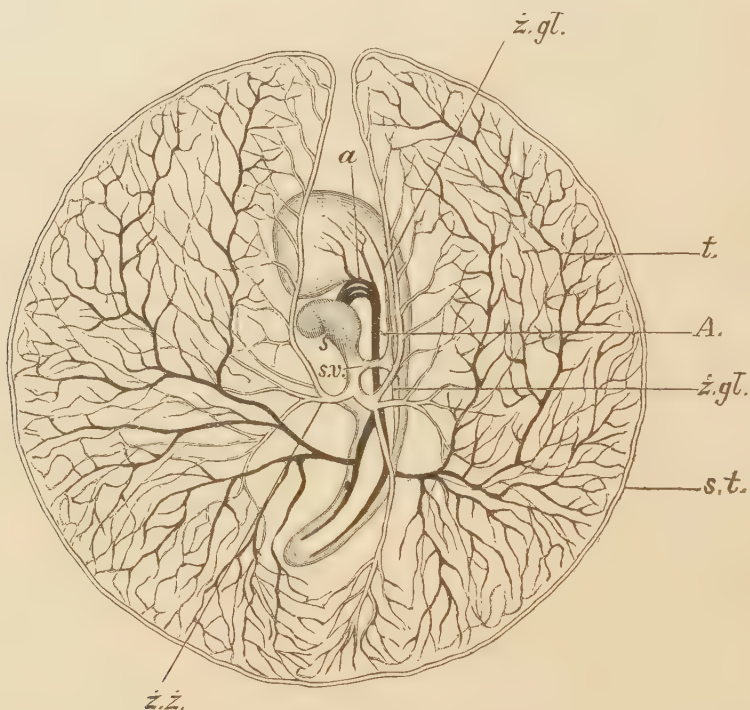
dalej, dalsze gniazda stają się wewnątrz próżne, zamieniają się w rurki i łączą się pomiędzy sobą; jeszcze i teraz spotykamy gdzieś okrągłe komórki, mniej lub więcej odosobniające się od ściany, a w niektórych miejscach występują całe agregaty takich komórek, w których wyraźnie możemy spostrzedz podział karyokinetyczny. Kuliste te ciała posiadają jeszcze wśród protoplazmy ziarenka żółtkowe i jądra, nawet u człowieka; agregaty komórek również stopniowo się rozluźniają i w miarę tego coraz więcej pojedynczych elementów pojawia się w cieczy, wypełniającej powstałe w ten sposób przestrzenie. Przestrzenie te z początku mają bardzo nieprawidłowe kształty, lecz stopniowo rozszerzone miejsce się zwężają, wąskie zaś się rozszerzają i w ten sposób wytwarza się sieć mniej lub więcej prawidłowych rurek, rozchodzących

się w całym polu zewnętrznym zarodka (patrz ryc. 229). Ponieważ jednocześnie z jednej strony zarodek grubieje w części środkowej, przez to że komórki, szczególnie listka środkowego, rozrastają się w kierunku poprzecznym, z drugiej strony w pewnej odległości od osi środkowej zarodka środkowy listek zarodkowy dzieli się na dwie blaszki, pomiędzy którymi nagromadza się ciecz, a w końcu w obwodowej części pola zarodkowego tworzą się naczynia, więc w tym okresie całe pole zarodkowe przedstawia trzy oddzielne części. Śródkowa jest mętna i nieprzezroczysta i dlatego nazywa się *area opaca*. Okolica, w której pomiędzy listkami zarodka nagromadza się ciecz i nad którą się brzegi zarodka nieco unoszą, stanowi pole jasne (*area lucida*). Jeszcze dalej ku obwodowi, na mniejszej lub większej przestrzeni, otacza zarodek pole, w którym się tworzą naczynia, i dlatego pole to nosi nazwę *area vasculosa*. Jednocześnie, w samym zarodku, w warstwie środkowej tworzy się sieć sznurów i wysepek komórkowych. Z sznurów tych w podobny sposób, jak w *area vasculosa*, wskutek ich przekształcania się w rurki, posiadające wewnątrz ciecz, powstają naczynia, komórki zaś, wyosobniające się wśród cieczy, zamieniają się na ciała krwi. Naczynia, powstające w całym zarodku, łączą się z temi, które powstają w otoczeniu, i w ten sposób powstaje sieć naczyń pierwotnych (patrz ryc. 230); naczynia na obwodzie, w *area vasculosa*, zlewają się do jednego dużego kanału obwodowego, zwanego *sinus terminalis*.

U ptaków i zwierząt ssących, jednocześnie z wytworzeniem się sieci naczyń w samym zarodku i na obwodzie w *area vasculosa*, w blaszce kiszkowej przedniej części zarodka powstają z obu stron dwa gniazda komórek zupełnie od siebie oddzielone w każdej połowie zarodka, które stopniowo do siebie się zbliżają i w końcu zlewają się zupełnie, tworząc jeden kanał, z którego następnie powstaje serce. Kanał ten przedstawia w środku rozszerzenie; leży on z początku w okolicy szyjnej; tylna jego część łączy się z naczyniami, które powstają przez zlewanie się drobniejszych gałązek *areae vasculosae*. Naczynia te tworzą ostatecznie dwa duże pnie, które bezpośrednio łączą się z owym kanałem. Są to żyły żółtkowe — *venae omphalomesentericae*. Przednia część rurki sercowej tworzy *truncus arteriosus*, który przechodzi w łuki aortalne i aortę grzbietową (patrz ryc. 230). Z tej ostatniej rozchodzą się naczynia z jednej strony w samym zarodku, z drugiej w *area vasculosa*. Ponieważ już od początku, jak tylko nastąpi zbliżenie się owych gniazd, z których się wytwarzają serce, powstaje w nich jama i komórki, tworzące ściany tej jamy, poczynają się okresowo kurczyć, wsku-

tek czego cała środkowa część rurki okresowo się zwiększa i zmniejsza, słowem serce poczyną bić, bicie to sprawia, że krew zawarta w naczyniach, połączonych z sercem, zaczyna się poruszać; w ten sposób wytwarza się pierwsze stadium krążenia, które nazywamy krążeniem żółtkowem. Krew wypychana z serca wchodzi do *truncus arteriosus*, ztąd do tak zwanych tętnic łuków skrzelowych, które z po-

Rycina 230.



Sieć naczyń żółtkowych, s. serce, t. tętnice, ż. żyły żółtkowe, ż. gł. żyła główna, A. aorta, a. łuki aorty, s. t. sinus terminalis, s. v. sinus venosus.

czątku wytwarzają się w liczbie dwu, następnie trzech, aż do pięciu i za pośrednictwem łuków do aorty grzbietowej, która się szybko rozdziela na dwie gałązki, t. j. lewą i prawą tętnicę żółtkową i tylko pozostają małe gałązki tętnicze, które przechodzą w samym zarodku ku ogonowej jego części. W ten sposób krew z serca rozchodzi się po *area vasculosa* i tu po przejściu przez najdrobniejsze rozgałęzienia, które odpowiadają naczyniom włosowatym, zbiera się ponownie do naczyń

żylnych, które ostatecznie w postaci dwu wspomnianych żył żółtkowych, *venae omphalomesentericae*, wchodzą do *sinus venosus*, skąd już bezpośrednio wraca do serca. Krew, która za pośrednictwem tętniczek rozchodzi się w samym zarodku, zbiera się również w dwie żyły, przebiegające z obu stron grzbietu wzdłuż całego zarodka; są to tak zwane żyły główne — *venae cardinales*. Z tych żył krew, przez tak zwane kanały Cuviera, wpływa prawie pod kątem prostym również do *sinus venosus*.

Taki jest obraz krążenia żółtkowego. Zadanie jego jest podwójne; nasamprzód służy ono do tego, ażeby zaopatrywać tę małą ilość hemoglobiny, jaką w tym okresie ciała czerwone posiadają, w tlen, gdyż oczywiście, wskutek zgrubienia zarodka, tlen z otaczającej przestrzeni nie tak łatwo mogłby się dostawać do warstw środkowych; podczas gdy *area vasculosa*, leżąc zupełnie na powierzchni jaja, np. w jajach ptaków, bezpośrednio przez skorupę, wskutek dyfuzji, może tlen otrzymywać z powietrza, w jajach zwierząt ssących zaś z cieczy, otaczającej zarodek w jamie macicy. Drugim zadaniem tego krążenia jest dostarczanie zarodkowi substancji odżywczych, które czerpie z pęcherzyka żółtkowego, gdzie pod wpływem komórek warstwy kiszkiowej protoplazma żółtka ulega ciągłemu przeistoczeniu. Te przeistoczone produkty mogą się teraz dostawać do naczyń krwionośnych, a przez nie do komórek zarodka, w większej ilości, niżby to było możliwe, gdyby wsiąkanie odbywało się przez same tkanki zarodka. U zwierząt ssących, u których nie mamy żółtka zapasowego, substancja odżywcza wskutek osmozy dostaje się do pęcherzyka żółtkowego z ustroju macierzystego, pomimo więc braku żółtka zapasowego i u tych zwierząt krążenie żółtkowe służy do odżywiania zarodka.

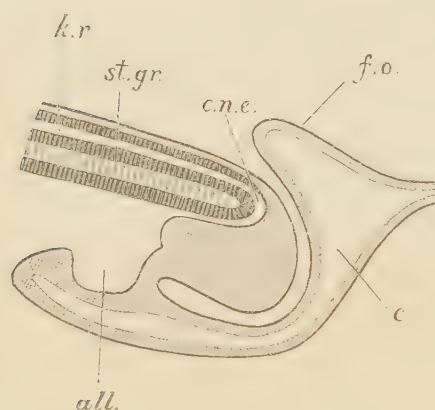
Omocznia (*allantois*).

Zbadawszy krążenie żółtkowe, możemy teraz łatwiej zrozumieć, w jaki sposób powstaje omocznia, czyli trzecia błona zarodkowa. Błona ta ma dwojakie zadanie; nasamprzód służy ona do przyjęcia produktów wydalinowych, które w zarodku powstają, zostaje bowiem w bezpośrednim połączeniu z ciałem Wolffa, narządem który zastępuje nerkę; następnie, wskutek swego położenia, które zajmuje po dojściu do zupełnego rozwoju, oraz wskutek swojej budowy, gdy krążenie żółtkowe już nie dostarcza odpowiedniej ilości tlenu u ptaków, tlenu i produktów

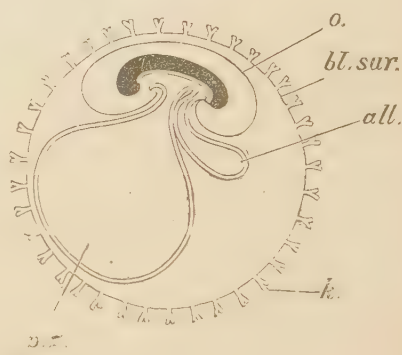
odżywczych u zwierząt ssących, zastępuje krążenie żółtkowe; pod tym względem jest więc głównie narządem odżywczym i oddechowym zarodka.

Omocznia bierze początek z listka wewnętrznego i otrzewnej błonki średniego, a mianowicie z tylnej jego części, który nazywamy kloaką. Zjawia się ona (u kury na drugi dzień wylęgania) w postaci lekkiego zagłębienia, małego woreczka, w przedniej ścianie listka kiszkowo-włóknistego. Od wewnątrz woreczek ten jest wysłany nabłonkiem kiszkowym, od zewnątrz pokryty mozondermą (patrz ryc. 231). Rośnie on

Rycina 231.



Rycina 232.



all. allantois, f. o. fałd owodni, c. coeloma,
c. n. e. canalis neuroentericus, st. gr. stru-
na grzbietowa, k. r. kanał rdzenny.

p. ż. pęch. żółtkowy, k. kosmki, all.
allantois, o. owodnia, bł. s. bł. surowicza.

szybko i zamienia się w pęcherzyk, który wrasta pomiędzy warstwę kiszkowo-włóknistą i skórno-mięśniową zarodka, a następnie pomiędzy błoną surowiczą z jednej strony, a owodnią i pęcherzykiem żółtkowym z drugiej (patrz ryc. 232). Z powodu przestrzeni, jaką w miarę wzrastania może zająć, omocznia zmienia swój kształt: część, łącząca ją z kanałem kiszkowym, zwęża się i zamienia w kanał, który wydłużając się coraz bardziej ostatecznie przechodzi w rurkę moczową czyli *urachus*, część zaś rozszerzona spłaszcza się i coraz bardziej się rozrasta, z początku w kierunku zarodka, gdzie się wsuwa pomiędzy błonę surowiczą a owodnię, następnie zaś i w kierunku pęcherzyka żółtkowego (patrz ryciny 227, 228 i 232) tak, iż w końcu obrasta całą błonę su-

rowiczą od wewnątrz i tworzy nową całkowitą osłonkę zarodka. Ponieważ ściana omoczni początkowo była podwójna. t. j. składała się z dwóch błonek, a każda błonka z kolei z entodermi i warstwy otrzewnej mezodermi, więc następnie, gdy otoczy cały zarodek, utworzy ona błonę, złożoną z czterech warstw.

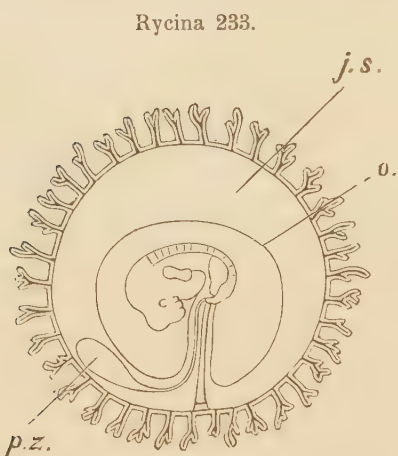
Jednocześnie z rozwojem omoczni rozrasta się drugi układ naczyniowy, który bardzo szybko zaczyna brać przewagę nad układem żółtkowym; jestto układ naczyniowy omoczni u ptaków i płazów i układ łożyskowy u ssawców. Mianowicie od chwili, gdy się zaczyna tworzyć od tylnych części obu aort grzbietowych powstają naczynia, które rosnąc razem z omocnią rozgałęziają się w jej ścianie. Naczynia te nazywamy tętnicami pępkowemi, *arteriae umbilicales*; tworzą one bardzo obfitą siatkę naczyń włosowatych w ścianie omoczni, z których krew zbiera się do 2 żyłek zwanych żyłami pępkowemi *venae umbilicales*; żyły te prowadzą do obu kanałów Cuviera; następnie jedna z tych żył, mianowicie prawa, wskutek ułożenia zarodka na prawym boku, zanika, a natomiast lewa znacznie się rozszerza, zabiera krew z rozgałęzień pierwszej. Jednocześnie, wskutek powstawania anastomoz z żyłami wątroby stopniowo coraz mniejsza część krwi z żyły tej przechodzi do kanału Cuviera, a coraz większa przez te anastomozy tak, iż ostatecznie żyła pępkowa, u tylnego brzegu wątroby, przechodzi wprost do *sinus venosus*. Jeszcze w okresie tworzenia się omoczni, wskutek przerostu błony surowiczej, pierwotna osłonka jaja, zona *pelucida*, znika; zastępuje ją w całości błona surowicza, na której teraz tworzą się wyrostki zwane kosmkami fałszywymi. Cała zaś błona nosi teraz nazwę prochorion (patrz rycinę 232). W miarę, jak się rozrasta omocznia, coraz bardziej zostaje unaczyniona jej zewnętrzna warstwa i to z początku na całej powierzchni zarodka. Następnie w pewnych okolicach naczynia zanikają, w innych tworzą obfite pętle, które wrastają w istniejące już kosmki, i w ten sposób powstaje kosmówka prawdziwa: Chorion (patrz rycinę 233). U zwierząt ssących kosmki prawdziwe powstają tylko w pewnych miejscach i w tych to miejscach, z jednej strony kosztem tkanki i naczyń zarodka, z drugisj kosztem tkanki i naczyń błony śluzowej macicy, powstaje nowy narząd, mający pierwszorzędą doniosłość dla dalszego rozwoju zarodka. Narząd ten zwiemy łożyskiem (*placenta*). Rozwój naczyń łożyskowych, tak tętnic jak i żył, idzie zupełnie równolegle ze zmniejszeniem się naczyń żółtkowych; gdy naczynia żółtkowe dochodzą do największego rozwoju, znajdujemy zaledwo ślady naczyń omoczni, w miarę zaś jak rosną te ostatnie, zmniejsza

szają się naczynia żółtkowe coraz bardziej i dochodzą do zupełnego zaniku.

Rozwój łożyska błon doczesnych (*deciduae*).

W pierwszych okresach rozwoju zarodka, jak widzieliśmy wyżej, osłonka jaja płodowego ssawców niczem się nie różni od osłonki jaja płazów i ptaków; znajdujemy tu także woreczek żółtkowy, z obfitą cieczą naczyni, owodnią, błonę surowiczą i w końcu omocznia. Widzieliśmy również, że zarodek wszystkich tych zwierząt rozwija się tylko z małej okolicy pęcherzyka zarodkowego, wyosabnia się od pęcherzyka żółtko-

wego, z którym pozostaje w związku tylko zapomocą kanału żółtkowego. W dalszym jednak rozwoju występuje różnica, która głównie zależy od tego, że podczas gdy zarodki płazów i ptaków rozwijają się wyłącznie kosztem zapasu materiału odżywczego, który się znajduje w żółtku, zarodki zwierząt ssących posiadają tego materiału tak mało, że wystarcza on zaledwo na pierwsze chwile rozwoju i następnie cały pokarm muszą czerpać z ustroju macierzystego. Dlatego też u zwierząt ssących błony płodowe muszą wejść w ściślejszy stosunek z błoną śluzową macicy,



Kosmówka prawdziwa, o. owodnia, p. ż. pęch. żółtkowy, j. s. jama surowicza.

która całkowicie się przeistacza w narząd odżywczy zarodka. Pod tym względem, na podstawie badań Turnera i Strahla, musimy odróżnić 3 przypadki, i stosownie do tego podzielić zwierzęta ssące na 3 grupy: 1) Grupa zwierząt, u których błona surowicza jaja po zniknięciu *zonae pellucidae* pozostaje prawie bez zmian; 2) Grupa zwierząt, u których błona surowicza przekształca się w kosmówkę (*chorion*) i 3) Grupa zwierząt, u których z kosmówki, w jednym lub kilku miejscach, powstaje łożysko. Do pierwszej grupy należą z ssących tylko stekowce (*monotremata*) i torbacze (*marsupialia*), do drugiej cały szereg zwierząt, jak świnie, hipopotamy i wogóle gruboskórce, do trzeciej reszta zwierząt ssących.

Przekształcenie błony surowiczej ma na celu głównie zwiększenie

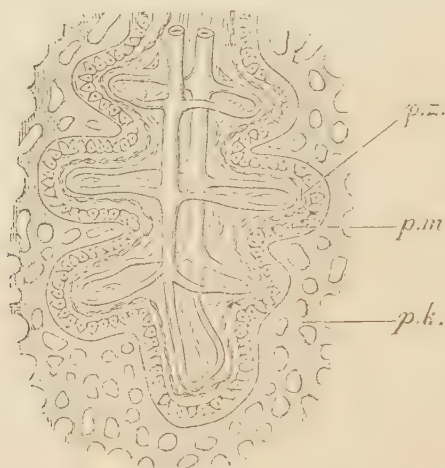
powierzchni zetknięcia się jaja płodowego z błoną śluzową macicy, a przez to zwiększenie powierzchni wessania. Dlatego też, jak to zauważyliśmy wyżej, gdy omocznia otoczy całą błonę surowiczą, na tej ostatniej powstają wypustki wskutek przerostu nabłonka, do których wrastają naczynia pochodzące z tętnic pępkowych, przez to oczywiście zwiększa się bardzo znacznie układ naczyniowy pępkowy. Odpowiednio do rozrostu błony surowiczej zmienia się także błona śluzowa macicy; powierzchnia jej się zwiększa wskutek powstawania jam i zagłębień, do których wrastają wypustki kosmówki. Oczywiście wskutek tego wymiana materii między tkanką macierzystą a zarodnikiem musi być znacznie ułatwiona. Jakkolwiek kosmki bardzo dokładnie przylegają do błony śluzowej macicy, to jednakże u drugiej grupy zwierząt, gdy zarodek dochodzi do ostatecznego rozwoju, gdy ma już nastąpić poród, błony te zupełnie się oddzielają tak, iż błona śluzowa macicy absolutnie nie zostaje uszkodzoną; wszystkie bowiem wypustki kosmówki, które wchodziły do zagłębień błony śluzowej macicy, zostają z nich wyciągnięte.

U trzeciej grupy zwierząt ssących do odżywiania zarodka jest niezbędny odrębny narząd, mianowicie łożysko (*placenta*). Narząd ów powstaje w ten sposób, że rozmaite miejsca kosmówki, wskutek nierównomiernego rozmieszczenia w nich naczyń, zachowują się niejednakowo: na jednych miejscach naczynia zanikają, powierzchnia błony surowiczej staje się gładką i posiada bardzo mało naczyń, na innych natomiast naczynia się nadmiernie rozwijają, tworzą liczne rozgałęzienia, a odpowiednio do tego zwiększa się ilość i wielkość kosmków; skutkiem tych zmian zmienia się także i stosunek kosmówki do błony śluzowej macicy. Gdzie unaczynione kosmki dotykają błony śluzowej macicy, tam one szybko przerastają i otrzymują znacznie większą ilość naczyń; z drugiej strony w błonie śluzowej macicy powstają zagłębienia często rozgałęziające się, do których wrastają i szczelnie przylegają wypustki kosmówki. Zagłębienia te zarazem, tak jak i cała błona śluzowa, coraz obficiej się unaczyniają, łożysko więc jak widzimy powstaje w części z tkanki zarodka, z przerosłej błony surowiczej i omocznia, w części z przerosłej błony śluzowej macicy. W niem odróżnić możemy dwie części: jedną złożoną przeważnie z kosmówki; jest to *placenta foetalis* i drugą złożoną z wypustek kosmówki i błony śluzowej macicy, jest to *placenta uterina*. Rozwój łożyska u rozmaitych zwierząt przedstawia bardzo liczne modyfikacje; u przeżuwaczy powstaje nie jedno, lecz cały szereg, około 60 łożysk, z których oczywiście każde zajmuje tylko małą

przestrzeń; zowiemy je pączkami, *cotyledones*. U innych np. u sarny jest ich 5—6. U zwierząt, które mają tylko jedno łożysko, stosunek jego do błony śluzowej macicy jest tak ścisły, że przy porodzie oddzielenie się jego od macicy bez uszkodzenia błony śluzowej jest niemożliwe, i dlatego większa lub mniejsza część tej błony razem z łożyskiem zostaje wydaloną podczas porodu.

Nie wchodząc w szczegółowy anatomiczny opis łożyska i jego rozwoju, zauważę tylko, że ma ono za zadanie możliwie blizkie zetknięcie się krwi zarodka z krwią organizmu macierzystego, zabezpieczając je-

Rycina 234.



p. z. nabłonek zarodkowy, p. k. przetwory krwionośne, p. m. nabłonek macicy.

dnakowoż zupełny ich rozdział. W wypustkach kosmówki znajdujemy naczynia na samej powierzchni, oddzielone zaledwo jedną lub dwiema warstwami nabłonka od jam. w które się przeistaczają naczynia błony śluzowej macicy. Jamy te stanowią niejako ciała gąbczaste, wypełnione krwią; są to przestrzenie o wiele większe, niż naczynia włosowate kosmówki zarodka (patrz ryc. 234).

W miarę, jak się rozwija łożysko i zarodek, grubieją oczywiście i tętnice pępkowe, a zarazem stają się one o wiele dłuższe, niż odpowiednia żyła pępkowa, wskutek czego owijają się wielokrotnie około żyły i tworzą kompletny sznur naczyń w pępowinie. Ponieważ naczynia te były przedtem przedłużeniem aorty brzusznej, więc dla unaczynienia

tylnych części zarodka odchodzą od nich osobne gałązki, które następnie przekształcają się w *arteriae iliacae*, tętnice pępkowe zaś w jamie brzusznej, po urodzeniu się płodu, zupełnie zanikają i pozostają jako *ligamenta vesico umbilicalia lateralia*.

Jakkolwiek w krótkim niniejszym zarysie embryologicznym nie mogę przedstawić dokładnego obrazu rozwoju naczyń, serca i łożyska, to jednakże muszę zauważyć, że z chwilą, gdy się ustanowi krążenie łożyskowe, i w samym zarodku zachodzą pewne zmiany w krążeniu, które prowadzą do wytworzenia się definitywnego krążenia osobnika dorosłego. Otóż gdy prawa żyła pępkowa zaniknie, lewa przebiega początkowo do jamy brzusznej pod wątrobą do *sinus reuniens*, na który się składają kanały Cuviera i żyły żółtkowe, a który następnie przekształca się w przedsionek prawy. Szybko jednakże wytwarza się anastomoza pomiędzy tą żyłą a żyłą wątrobową lewą, *vena hepatica revehens*, przez którą zostaje skierowany prawie cały prąd krwi z żyły pępkowej. Druga podobna anastomoza łączy żyłę prawą z żyłą próżną dolną, pod nazwą *ductus venosus Arantii*. Ztąd oczywiście wynika, że krew wracając z łożyska, w pewnym okresie życia płodowego dzieli się na dwa strumienie; jeden idzie wprost do serca, drugi przepływa przez wątrobę. Po urodzeniu się żyła pępkowa zanika i zamienia się w *ligamentum teres hepatis*, zamyka się również i *ductus venosus Arantii*. Teraz do wątroby płynie tylko krew z żyły wrotnej (*v. portae*), do której się zbierają wszystkie żyły jamy brzusznej.

Przekształcenie, któremu ulega pierwotna rurka sercowa, a które polega przeważnie na zmianie położenia i wytworzeniu się przegród od wewnątrz, daje w ostatecznym wyniku serce podzielone na 4 jamy, t. j. od góry dwa przedsionki, od dołu dwie komory. Jednakże przedsionki aż do urodzenia się, a niekiedy jeszcze pewien czas po urodzeniu, nie są zupełnie oddzielone, gdyż w przegrodzie pozostaje otwór, zwany *foramen ovale*. Nadto, jakkolwiek z początkowo wytworzonych łuków aorty powstają stopniowo naczynia definitywne, to jednakże długi czas istnieje połączenie pomiędzy tętnicą płucną i aortą zstępującą, które odpowiada V łukowi skrzelowemu, nazwane przewodem *Botalla* (*ductus Botalli*).

Wskutek tych stosunków krążenie u zarodka aż do urodzenia jest mieszane: nasamprzód bowiem część krwi z *vena umbilicalis* przechodzi przez wątrobę, druga część, która wprost dostaje się do prawego przedsionka, przez *foramen ovale*, wchodzi do przedsionka lewego i tylko część jej miesza się z krwią żylną z żyły próżnej i wchodzi do prawej ko-

mory serca. Oczywiście więc, że w prawej komorze będziemy mieli krew przeważnie żyłą, podczas gdy do lewej komory z lewego przedsionka będzie się wlewała krew przeważnie tętnicza, t. j. pochodząca wprost z żyły pępkowej, jakkolwiek w żadnej komorze nie jest krew ani czysto żyłą, ani tętniczą. W czasie skurczu komór krew z komory prawej, dostając się do tętnicy płucnej (pierwotnie łuku V) przez *ductus Botalli*, wchodzi do aorty zstępującej, podczas gdy krew z komory lewej, więcej tętnicza dostaje się do łuku aorty; wskutek spotykania się tych dwu strumieni, jakkolwiek znowu może nastąpić zmieszanie się obu rodzajów krwi, to jednakże krew przeważnie tętnicza będzie skierowana ku głowie płodu, podczas gdy krew przeważnie z *ductus Botalli* będzie przechodziła do tętnic pępkowych, w części zaś będzie służyła do odżywiania tylnych kończyn zarodka. W tej różnicy jakościowej krwi, obok różnicy w unaczynieniu, niewątpliwie trzeba upatrywać przyczynę szybszego rozwoju głowy i jej narządów w stosunku do rozwoju tylnych części płodu.

Jeżeli teraz uwzględnimy cały obieg krążenia zarodkowego, t. j. naczynia w samym zarodku i naczynia pępkowe, oraz sieć drobnych naczyń włosowatych w łożysku, to niewątpliwie musimy przyjść do przekonania, że nasamprzód zarodek musi stosunkowo posiadać o wiele więcej krwi w swych naczyniach, niż osobnik dorosły, ponieważ część tej krwi znajduje się daleko poza jego tkankami — w łożysku; następnie, że do poruszenia tej całej masy krwi, serce rozwijającego się płodu musi wykonywać o wiele większą pracę, niż serce dorosłego osobnika. Biorąc pod uwagę, że ściany serca zarodkowego są słabo rozwinięte, że jego komórki mięsne jeszcze nie są zupełnie wykształcone i że praca takiego niewykształconego narządu musi być stosunkowo mała, mimowoli musimy postawić sobie pytanie, w jaki sposób to serce wywiązuje się ze swego zadania. Na pytanie to jednakże znajdziemy łatwą odpowiedź, jeżeli uwzględnimy, że macica bądź co bądź stanowi narząd dość mało podatny, o względnie grubych ścianach mięsnych, że w okresie, kiedy płód się rozwija w macicy, można ją uważać za narząd prawie zupełnie zamknięty, gdyż wskutek przerostu błony śluzowej, w postaci błony doczesnej (*reflexa*), na zmiany ciśnienia cieczy wśród błon płodowych nie może mieć wpływu otwór ujścia macicy. Otóż owe przestwory wypełnione krwią, które znajdujemy w błonie śluzowej macicy na około kosmków, niewątpliwie muszą przedewszystkiem ulegać zmianom ciśnienia krwi podobnie, jak w ustroju dorosłym. Każdy skurcz serca zwiększa ciśnienie krwi w tych jamach,

każdy wdech, słowem każda zmiana w ciśnieniu krwi w ustroju macierzystym, musi odbić się na ciśnieniu w przestworach łożyskowych. To zwiększanie się lub zmniejszanie się ciśnienia na tak wielkiej przestrzeni, jaką przedstawia łożysko, z kolei przedewszystkiem musi się odbijać na naczyniach kosmówki i wypychać z nich krew, wstrzymywać jej przypływ do łożyska, gdy ciśnienie wzrasta, ułatwiać przypływ i wstrzymywać odpływ, gdy ciśnienie w przestworach łożyskowych się zmniejsza. W ten sposób zmiany ciśnienia w łożysku mogą niewątpliwie przedstawiać siłę pomocniczą dla serca płodu: serce płodu wypycha krew do tętnic, która długą drogą przez pępowinę dostaje się do łożyska; ciśnienie w łożysku wypycha ją z naczyń włosowatych łożyska przeważnie do żyły pępkowej, raz dlatego, że ta żyła jest szersza, powtórze dlatego, że w tętnicach podczas ruchu odwrotnego krwi napotyka na większy opór, tak z powodu ciśnienia, jak i z powodu długości tych tętnic.

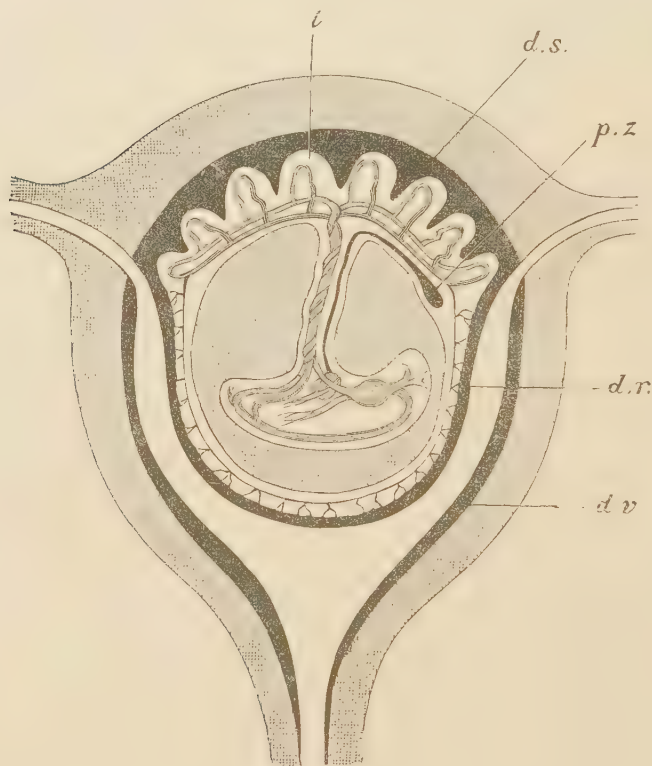
Uwzględniając słabe skurcze serca płodu przynajmniej w pewnych okresach rozwoju krążenia łożyskowego, wpływ pracy serca matki musimy w rzeczywistości uważać za znaczny, a w każdym razie powyższe stosunki pozwalają wytłomaczyć tę sprzeczność, na którą zwróciliśmy uwagę wyżej.

Wymiana materii u płodu, trwanie ciąży i poród.

Widzieliśmy wyżej, że odżywianie płodu od chwili, jak się tworzą naczynia płodowe (krążenie żółtkowe i łożyskowe), odbywa się wyłącznie kosztem krwi ustroju macierzystego. To też z chwilą, gdy jajo usadowi się na błonie śluzowej macicy, występują w tem miejscu zmiany, skutkiem których powstaje tak zw. *decidua serotina* (patrz rycina 235). Z tej ostatniej powstaje na około jaja fałd, który stopniowo obrasta całe jajo i w formie błony otacza je; w ten sposób tworzy się nowa osłona jaja, którą nazywamy *decidua reflexa*. Zmiany jednak w błonie śluzowej macicy występują nie tylko w miejscu, gdzie się usadawia jajo, lecz także i w pozostałych częściach błony śluzowej grubieje i przerasta, wejrzenie jej zupełnie się zmienia. Tak zmienionej błonie dajemy nazwę doczesnej prawdziwej, *decidua vera* (patrz rycina 236). Po rozwinieciu się omocznia z jej naczyńiami, w *decidua serotina*, tworzy się łożysko, którego stosunek do samej błony śluzowej macicy rozpatrzyliśmy wyżej. Ponieważ od tej chwili wzrost płodu idzie w szybszem tempie, całe jajo płodowe wraz ze swemi błonami także coraz bardziej się powiększa, jednocześnie rozrasta we wszystkich swych

częściach macicy, a szczególnie jej warstwa mięsna i odpowiednio do kształtu jaja płodowego przybiera także kształt owalny. Ten wzrost macicy jest tak znaczny, że ku końcowi ciąży macica, która normalnie waży około 40 gr., dochodzi do wagi 1 klg.

Rycina 235.

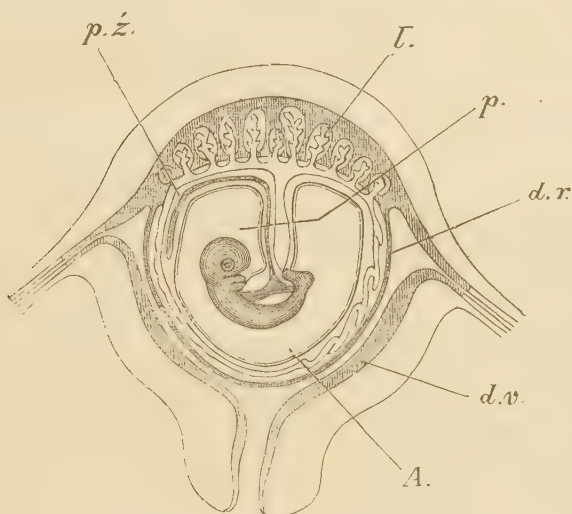


dv decidua vera, *dr* decidua reflexa, *ds* decidua serotina, *l* łożysko,
pz pęcherzyk żółtkowy.

Jakkolwiek dzięki krążeniu łożyskowemu wymiana między krwią płodu, a krwią ustroju macierzystego może się odbywać bardzo dokładnie, to jednakże nie ulega wątpliwości, że potrzeby płodu znajdującego się w macicy, są o wiele mniejsze, niż po urodzeniu i że one głównie redukują się do tego materiału, który jest niezbędny do wzrostu tkanek zarodek bowiem, szczególnie w pierwszych okresach rozwoju,

nie wykonywa jeszcze żadnych ruchów, i znajduje się w temperaturze, która odpowiada jego temperaturze wewnętrznej, a wskutek tego nie ponosi żadnych strat energii, ani na pracę mechaniczną, ani na ogrzanie otoczenia. Jakkolwiek dotychczas nie posiadamy badań specjalnych nad wymianą materii u płodu w rozmaitych okresach jego życia, to jednakże z pewnością można wnosić, uwzględniając przytoczone wyżej okoliczności, że wymiana ta, ogólnie biorąc, jest o wiele niższą, niż u dorosłego.

Rycina 236.



p pępowina, *A* amnion, *dr* decidua reflexa, *dv* decidua vera, *Ł* łożysko, *pż* pęcherzyk żółtkowy.

Do zupełnego rozwoju płód człowieka dochodzi średnio w ciągu 10-ciu okresów menstruacyjnych, t. j. 280 dni, licząc od ostatniej menstruacji.

Ku końcowi ciąży, w ustroju macierzystym, a szczególnie w narządach płciowych, występuje cały szereg objawów, które wypada uważać, jako czynności przygotowawcze do porodu; i rzeczywiście z czynnościami temi akt porodu pozostaje w związku. Szczegółowo wszystkie te objawy, jak również sam akt porodu, są rozpatrywane w podręcznikach położnictwa, w tem miejscu zauważę tylko, że objawy te polegają przedewszystkiem na pewnych zmianach w unaczynieniu narządów

płciowych kobiety, na ich przekrwieniu czynnem. Wskutek szybszego i obilniejszego dopływu krwi dolny odcinek macicy i pochwa rozpulchniają się i w ten sposób ułatwiają przejście płodu podczas porodu przez kanał rodny.

Drugim objawem, poprzedzającym poród, jest zmiana kształtu dolnego odcinka macicy; zmiana ta polega na skróceniu i coraz większem rozszerzaniu się szyi macicy i na wygładzeniu jej powierzchni. Ku końcowi ciąży występują okresowe skurcze macicy; skurcze te stają się coraz silniejsze i częstsze. Każdy nowy skurcz macicy zwiększa oczywiście ciśnienie cieczy w jaju płodowem. W celu oznaczenia ciśnienia wprowadza się do macicy pęcherzyk wypełniony cieczą i połączony z manometrem. W ten sposób możemy się przekonać, że ciśnienie podczas tych skurczów wynosi średnio około 100 mm. rtęci. Według Westermarcka podczas samego porodu, może ono dochodzić do 400 mm. tak, iż całe ciśnienie, któremu podlega płód, wynosi około 154 klg.

Z początku skurcze te, dopóki są słabe, są zupełnie niebolesne; w miarę jednak jak się stają silniejsze, w miarę jak się zwiększa ciśnienie, wywołują charakterystyczny ból, który nazywany bólem porodowym.

Skurczom macicy z chwilą, jak one dochodzą do pewnego natężenia, towarzyszą także skurcze mięśni jamy brzusznej, które w ten sposób zwiększają ciśnienie także w jamie brzusznej. Z jednej strony wskutek samego układu włókien mięsnych w macicy, z drugiej strony pod wpływem tego ucisku, szyja macicy i cały dolny jej odcinek coraz bardziej się rozszerzają, tak, iż z końcem ciąży główka płodu jeszcze zawartego w jaju płodowem, coraz niżej się ustawia w miednicy.

Te przygotowawcze stadya przechodzą bezpośrednio w akt porodu, który się tem charakteryzuje, że skurcze macicy stają się coraz energiczniejsze, występują coraz częściej i są coraz więcej bolesne. Parcie, jakie podczas każdego bólu na jajo płodowe zostaje wywierane, sprawia, że nasamprzód zwykle pęka poprzedzająca główkę część osłon płodowych i część cieczy wypływa na zewnątrz, następnie z jednej strony główka płodu przystosowuje się nieco do kształtu otworu miednicy, ustawiając się swoim wymiarem najdłuższym w największym wymiarze miednicy, z drugiej strony, wskutek pewnej podatności spojenia kości miednicowych, rozszerza się nieco i sam kanał rodny tak, iż pod wpływem pracy mięśni macicy i ścian brzusznych główka płodu, pomimo stosunkowo znacznego oporu, jaki napotyka w tem ważkiem przejściu, ostatecznie dość szybko w warunkach normalnych, odbywa

tę drogę i wylania się zpod spojenia łonowego. poczem inne części płodu przez ten sam kanał przechodzą bez żadnej trudności.

Skurcze macicy, występujące okresowo i z wielkiem napięciem, świadczą o tem, że w ustroju samicy i kobiety musi istnieć właściwy mechanizm nerwowy, który je powoduje. Badania dotychczasowe wykazały, że rzeczywiście podrażnienie rdzenia pacierzowego, począwszy od okolicy lędźwiowej aż do mózdzku może wywołać skurcz macicy. Nerwy, dochodzące z rdzenia do macicy, wychodzą głównie w okolicy ostatnich kręgów piersiowych i 3 lub 4 kręgów lędźwiowych. Stąd pierwsze przechodzą przez sploty sympatyczne, wchodzą do *ganglion mesentericum inferius* i przebiegają w sznurach, towarzyszących aorcie, drugie wchodzą wprost przez sploty krzyżowe do macicy. Podług Basch'a i Hoffmana pierwsze mają zaopatrywać mięśnie pierścieniowato ułożone w macicy, drugie włókna podłużne; podług Fellner'a do macicy dochodzą te same rozgałęzienia nerwów, które unerwiają jelito proste, jakkolwiek inni autorowie temu zaprzeczają. Spostrzeżenia na zwierzętach, a po części i na kobietach przemawiają za tem, że oprócz nerwów rdzeniowych, względnie ośrodków tych nerwów, istnieją jeszcze w samych ścianach macicy pewne centra, które także skurcze mięśni macicy powodować mogą. Wszystkie te ośrodki można wprawić w stan czynny wskutek dyspnoe, duszenia się, ucisku aorty, znacznej utraty krwi i t. p. Podług niektórych autorów (Dembo) ośrodki te leżą nie w samej ścianie macicy, lecz w przedniej ścianie pochwy. Spostrzeżenia na zwierzętach świadczą, że do wywołania całego aktu porodu wystarczają w zupełności ośrodki położone w rdzeniu lędźwiowym, albowiem u psów poród może przebiegać zupełnie prawidłowo po przecięciu, a nawet po zniszczeniu rdzenia pacierzowego na granicy kręgów piersiowych i lędźwiowych.

Pomimo bardzo licznych badań i jeszcze większej liczby rozmaitych teorii, mających na celu wytłomaczenie, co jest właściwie przyczyną porodu, dotychczas kwestya ta nie jest wyjaśniona. Ze wszystkich teorii w tym względzie najbardziej się zgadza z zasadami fizjologii hipoteza Świącieckiego: Jajo płodowe, jak wszelkie ciało obce, znajdujące się w macicy, już od samego początku drażni błonę śluzową macicy; dzięki własności ośrodków układu nerwowego, o której wielokrotnie wspominaliśmy, że nawet słabe bardzo podrażnienia mogą się sumować, jajo od samego początku, działając na te ośrodki, ciągle zwiększa ich pobudliwość i nagromadza w nich jakby zapas energii, która też w końcu wyładowuje się w postaci impulsów nerwowych, powodujących ruchy

porodowe. Jeżeli pobudliwość nerwów samej macicy, wskutek jakichś spraw patologicznych, jest większa od początku, lub w pewnym okresie ciąży nagle wzrośnie, ten sam słaby bodziec ze strony jaja może wywołać skurcze macicy wcześniej i w takim razie przychodzi do poronienia, a względnie wczesnego porodu. Następnie, po pęknięciu błon płodowych i częściowem lub całkowitem ujęciu wód, płód, jako ciało obce podrażnia wnętrze macicy tak znacznie i tak silnie, że wywołuje jej skurcze, nawet bez sumowania się impulsów, względnie wywołuje ich sumowanie się w krótszych odstępach czasu. Ta okoliczność tłumaczyłaby nam w zupełności częstsze bóle i stosunkowo więcej natężone po ujęciu wód płodowych. Za tą hipotezą, oprócz jej zgodności z innemi zjawiskami fizyologicznemi, które przebiegają okresowo, przemawiają jeszcze i spostrzeżenia patologiczne a mianowicie to, że mięśniaki podśluzowe macicy, doszedłszy do pewnej wielkości, bywają również wydalane na zewnątrz za pośrednictwem zupełnie analogicznych skurczów macicy.

Płód po urodzeniu się pozostaje jeszcze zapomocą pępowiny w związku z łożyskiem. jednakże dalsze skurcze macicy powodują oddzielanie się łożyska od macicy, a nawet części błony śluzowej macicy, co oczywiście pociąga za sobą znaczne krwawienie. Z chwilą, jak się rozpoczyna oddzielanie się łożyska, oddechanie za pośrednictwem krwi macierzystej ustaje i wskutek tego występują u noworodka objawy duszności, które najprawdopodobniej wspólnie z chłodnem powietrzem otoczenia, są przyczyną pierwszego wdechu. Z tą chwilą łożysko staje się dla noworodka zbytecznem, a zmienione w niem stosunki, jednocześnie uniemożliwiają przepływ krwi zarodka przez jego tkanki; to też w krótkim czasie tętnienie w arteriach łożyskowych ustaje i łożysko może być bez żadnej szkody dla noworodka od niego oddzielone. W tym celu pępowinę podwiązujemy i przecinamy między podwiazkami. Gdy następnie, wskutek powtarzających się w dalszym czasie skurczów macicy, zostanie z jej wnętrza usunięte także łożysko wraz ze wszystkiemi błonami, wtedy kureczy (zwija) się ona coraz bardziej, a uciskając naczyń, wstrzymuje zarazem dalsze krwawienie. Od tej chwili rozpoczyna się regeneracja błony śluzowej macicy i zmiany wsteczne w warstwie mięsnej, które mniej więcej w okresie dwu miesięcy doprowadzają macicę do pierwotnego stanu tak, iż znowu staje się ona zdolną do ponownego przyjęcia i rozwijania zapłodnionej jaja.

Fizjologia ustroju od urodzenia aż do śmierci.

Z chwilą urodzenia się płodu warunki jego istnienia zasadniczo się zmieniają; połączenie z łożyskiem zostało przerwane, tętnice i żyły pępkowe zarastają, natomiast płuca, które się z pierwszym wdechem rozszerzają, zostają bardzo obficie unaczynione i przekrwione. Cały prąd krwi, który pierwotnie, w okresie płodowym, z tętnicy płucnej przez przewód Botall'a przepływał do aorty, wskutek zwężenia, a następnie zupełnego zamknięcia się tego kanału, zostaje skierowany do płuc (ku końcowi trzeciego dnia życia). Prąd krwi tętniczej z żyły płucnej, podnosząc ciśnienie w lewym przedsionku, uniemożliwia obecnie przejście krwi żyłnej z prawego przedsionka przez *foramen ovale*, które zarazem stopniowo się zwęża, a w końcu zupełnie zarasta. W ten sposób stopniowo wytwarza się samodzielność obiegu krwi dużego i małego. Nagła zmiana temperatury otoczenia jest niewątpliwie najgłówniejszym czynnikiem, który wywołuje zasadnicze zmiany w czynnościach wszystkich tkanek ustroju noworodka. Dotychczas, jak widzieliśmy, jednostajna temperatura wnętrza macicy nie wymagała ze strony płodu żadnych strat energii na pokrycie strat ciepła; od chwili urodzenia się noworodek nie tylko wskutek promieniowania, lecz także wskutek transpiracji, nawet wtedy, gdy zostaje otoczony złymi przewodnikami, traci bardzo dużo ciepła, które musi być wyprodukowane w jego własnych tkankach. Oczywiście, że wskutek tego natężenie oddechania musi być bardzo znaczne, ilość przyswojonego tlenu w stosunku do masy ciała, także większa, niż u dorosłych. W pierwszych dniach życia te wszystkie straty ciepła ponosi noworodek kosztem zapasu energii, nagromadzonej podczas życia płodowego, odżywianie jego jest bowiem bardzo słabe; liczba oddechów wynosi obecnie około 44 na minutę, liczba uderzeń serca 130; temperatura w odbytnicy zaraz po urodzeniu wynosi 37·8°; w ciągu pierwszych godzin po urodzeniu się spada o 1½° co najmniej, jakkolwiek następnie znowu się podnosi do 37·5°. Stosunkowo słaba czynność przewodu pokarmowego i niedostateczne jego ukrwienie sprawiają, że krążenie w wątrobie jest bardzo słabe, ciśnienie krwi niskie, a ponieważ produkcja żółci w tym czasie się zwiększa, więc dane są warunki do jej wessania przez krew, skąd pochodzi żółtaczką (*icterus neonatorum*).

Ilość moczu w chwili urodzenia w pęcherzu równa się najwyżej 10 ctm.³, w ciągu pierwszej doby dochodzi do 50—60 gr.

Znaczne straty ciepła, jakie noworodek ponosi, już w kilka godzin po urodzeniu wywołują uczucie głodu, które się objawia kwileniem i płaczem dziecka, oraz ruchami ssącymi. Ośrodki psychomotoryczne kory mózgowej, są w tym okresie jeszcze zupełnie nieczynne, pobudliwość nerwów bardzo niska, nerwy błędne albo zupełnie nie działają, albo tylko bardzo słabo; natomiast odporność organizmu na brak tlenu jest o wiele wyższa, niż u osobników dorosłych.

Pierwszy okres życia, to jest okres niemowlęctwa trwa do chwili zjawienia się pierwszych zębów mlecznych, to jest do 7—8 miesiąca. W okresie tym życie niemowlęcia jest wyłącznie roślinne, ilość pokarmu dzienna dochodzi do $\frac{1}{5}$ lub $\frac{1}{6}$ części wagi ciała, oddychanie, trawienie i przyswajanie pokarmów w całym tym okresie jest o wiele energiczniejsze, niż u dorosłych, krew zawiera stosunkowo dużo ciałek białych; wszystkie narządy limfatyczne, gruczoły, śledziona i *thymus* są także lepiej rozwinięte, niż u dorosłych. Niemowlę oddaje moczkę 12—16 razy dziennie, ilość na dobę wynosi około 200 grm. w pierwszym tygodniu życia, 300—400 grm. w środku tego okresu i do 600 grm. ku końcowi. Ilość mocznika wynosi 0.25 grm. na dobę w pierwszym dniu, dochodzi do 2 grm. ku końcowi VI tygodnia, i do 7 grm. ku końcowi VII miesiąca. Wzrost wszystkich narządów jest bardzo szybki; w ciągu pierwszego roku przybywa dziecka na wysokość 30 cm., a ciężar prawie się potraja; proporcjonalnie do wzrostu zwiększa się także siła mięśniowa i stopniowo wykształcają się ruchy dowolne; ku końcowi VII miesiąca dziecko już może utrzymać główkę prosto, chwycić przedmioty, które się przed nim znajdują i t. p. Zarazem powoli zaczynają się budzić czynności psychiczne. już w trzecim miesiącu zaczyna dziecko odróżniać przedmioty, oceniać ich położenie i kierunek; budzenie się świadomości objawia się śmiechem, giestykulacją, niejednakowym zachowaniem się wobec otaczających je osób, do których już od 5-go miesiąca objawia swoją sympatię, lub niechęć i t. p.

Drugi okres życia nazywamy wiekiem dziecięctwa; trwa on od pojawienia się zębów mlecznych, aż do przerznięcia się pierwszych zębów stałych. W okresie tym liczba oddechów i uderzeń serca stopniowo się zmniejsza; w drugim roku liczba uderzeń serca wynosi 110, oddechów 28 na minutę, 3-im — uderzeń serca 108, oddechów 26; w 5-ym — uderzeń serca 103, oddechów 22—24. Pojemność klatki piersiowej z 400—500 cm., w roku 4-ym dochodzi do 900 cm.³, w roku 7-ym, ilość moczu do 900 gr., ilość mocznika już w 4-ym roku życia do 15 grm. Z początkiem drugiego roku dziecko zaczyna chodzić;

wszystkie ruchy dowolne stają się zarazem bardziej skojarzonymi i dokładnymi; dziecko zaczyna wynawiać pojedyncze wyrazy. Sen jeszcze i w tym okresie zajmuje około 9—10 godzin na dobę. Wzrost staje się coraz więcej powolny.

Okres od chwili przerznięcia się pierwszych zębów stałych, aż do wieku dojrzałości płciowej nazywamy wiekiem młodocianym. W okresie tym znikają wszystkie narządy przejściowe, jak zęby mleczne, *thymus*, organizm stopniowo zbliża się do zupełnego rozwoju. Roczny przyrost na wadze ciała wynosi średnio 2·25 klg. u chłopców, i 2·75 klg. u dziewcząt, aż do lat 12 i około 5·5 klg. u chłopców i 3·75 klg. u dziewcząt między 12 i 17 rokiem; wzrostu przybywa o 5 ctm. średnio u chłopców i 4 ctm. u dziewcząt. Tętno spada do 90 w roku 10 i do 82 w roku 15. Pojemność życiowa klatki piersiowej dochodzi do 1700 ctm.³ w roku 11 i do 2503 ctm.³ w roku 15. Ilość mocznika w roku 11 wynosi 21 gr. na dobę. Równorzędnie z rozwojem rozmaitych narządów objawia się także coraz większa inteligencja; wszelkie fakty w tym okresie zostają bardzo łatwo zapamiętywane i pozostają długo w pamięci. Jakkolwiek w okresie tym narządy płciowe nie są jeszcze czynne, to jednak wybitnie występuje różnica w charakterze, sposobie myślenia i upodobaniach u obu płci, które jeszcze bardziej się uwydatniają w następnym okresie, gdy organizm dojrzewa płciowo.

Okres następny nazywamy okresem młodzieńczym. W tym okresie u chłopców wyrastają wąsy i broda, u obu płci włosy na wzgórku łonowym, u dziewcząt rozwijają się gruczoły mleczne, przyczem wzrost osobnika bardzo często dochodzi do swego *maximum*. Pojemność życiowa klatki piersiowej znacznie wzrasta, budzą się nowe instynkta, które w tym okresie wywierają głęboki wpływ na wszystkie czynności psychiczne, nowe uczucia i pożądanja, które zaprzatają umysł. W okresie tym, jak również w następnym, to jest w okresie dojrzałości, zatrzymuje się dalszy rozwój ustroju; dotychczas przyswajanie brało ciągle górę nad dezasymlacją i kosztem tego nadmiaru materyałów przyswojonych wzrastał ustrój; od tej chwili, jakkolwiek asymilacja jeszcze ma przewagę nad dezasymlacją, to jednakże zbytek materyałów odżywczych nie zostaje zużyty na wzrost ustroju, lecz zwykle pozostaje jako zapas w postaci tłuszczu i w części tylko w postaci substancji białkowych; zbytek energii wytworzony z przyswojonych pokarmów nie zużywa się wyłącznie tylko na potrzeby osobnika, lecz część jej pewna traci się w celach zachowania gatunku. W okresie tym człowiek dochodzi do największego rozwoju swych sił fizycznych i umysłowych. Okres ten

u rozmaitych osobników trwa rozmaicie długo tak, iż niepodobna oznaczyć, kiedy się rozpoczyna następny i ostatni okres życia osobnika, to jest starość.

Gdybyśmy rozwój osobnika i intensywność rozmaitych objawów życia przedstawili w postaci krzywej, to krzywa ta przypominałaby nam do pewnego stopnia krzywą skurczu mięśnia, moglibyśmy na niej odróżnić ramię wstępujące, stosunkowo szybko wznoszące się do pewnego *maximum* i następnie, poczynawszy od tego *maximum*, stopniowe opadanie wolne ramienia zstępującego. Otóż tylko ta pochyłość ramienia zstępującego, jest u rozmaitych osobników rozmaita, rozpoczyna się jednakże wcześniej tak, że właściwie te objawy, które charakteryzują starość, zaczynają się przejawiać z chwilą, kiedy ustrój dochodzi do zupełnej dojrzałości. Z początku rozwijają się one powoli i tylko w okresie późniejszym występują coraz wybitniej. Objawy starości są następujące: Ilość krwi, liczba ciałek czerwonych i białych stopniowo się zmniejsza, oddechanie staje się mniej czynnem, pojemność klatki piersiowej się zmniejsza, trawienie się zwalnia i coraz bardziej utrudnia, krążenie krwi jest mniej dokładne, sprężystość tętnic się zmniejsza, a ściany ich powoli ulegają zwapnieniu, natomiast występuje rozszerzenie żył i mniej prawidłowe rozmieszczenie krwi, które pociąga za sobą rozmaite zaburzenia funkcyjne w różnych narządach; chrząstki ulegają skostnieniu, skóra się marszczy, staje się suchą i twardą, transpiracja się zmniejsza, włosy siwieją i wypadają, wzrost i ciężar ciała się zmniejszają. Ruchy mięśniowe, ich energia i dokładność są mniejsze, zjawia się drżenie mięśni, objawiające się trzęsieniem rąk i nóg, chód staje się mniej pewnym, kręgosłup się krzywi, struny głosowe tracą swoją sprężystość, co pociąga za sobą pewne zmiany w głosie, charakterystyczne dla wieku starczego. Również skurcze mięśni gładkich są mniej dokładne, stąd pochodzi trudność w oddawaniu moczu, pewne zaburzenia w przewodzie pokarmowym wskutek atonii kiszek, utrudnienie defekacji i t. p. Akomodacja w oku się zmniejsza, w końcu zupełnie znika, rogówka, soczewka i ciało szkliste stają się mniej przezroczyste, słuch tępieje. Podobne zmiany można zauważyć we wszystkich innych zmysłach. Również zdolności intelektualne i pamięć słabną. Wrażliwość na czynniki szkodliwe w wielu razach staje się większą, to też zwykle, pomimo tego naturalnego postępowego obniżenia wszystkich funkcji życiowych, które naturalnym sposobem musiałoby doprowadzić ustrój do śmierci, te szkodliwe wpływy czynią to wcześniej, gdyż wywołując przypadkowe zaburzenia patologiczne przerywają zwykle nie żywota.

Śmierć.

Obserwując życie osobnika należącego do zwierząt wyższych, stopniowy wzrost narządów i następny ich upadek, wypadaloby przyjąć, że śmierć jest naturalnym i nieuniknionym wynikiem życia, jako skutek utraty zdolności przyswajania substancji odżywczych w rozmaitych tkankach i narządach. Przypadki takiej naturalnej śmierci są dotychczas prawie nieznane, a w każdym razie spotykamy je bardzo rzadko; zawsze śmierć, chociażby w okresie najpóźniejszej starości, jest skutkiem jakichś komplikacji, jakichś zaburzeń, które występują w ustroju przypadkowo, słowem skutkiem jakiejś choroby. Wobec tego na pytanie, czy śmierć jest nieodzownym warunkiem życia, stanowczej odpowiedzi do dziś dnia dać nie możemy. Obserwując ustroje najniższe, na przykład, wszystkie istoty jednokomórkowe, wypadaloby przyjąć, że śmierć nie jest nieodzownym warunkiem życia; widzieliśmy już na początku tego rozdziału, że ustroje takie, w warunkach odpowiednich dla swego istnienia, rozmnażają się w ten sposób, że z osobnika macierzystego powstają dwa nowe, które również samodzielnie i niezależnie nietylko pędzą życie dalej, lecz nadto w odpowiednich warunkach znowu się rozmnażają i dają początek istnienia nowym istotom. W tym przypadku oczywiście nie może być mowy o śmierci ustroju, albowiem on istnieje wciąż w następnej generacji; tam, gdzie niema trupa, niema także śmierci, powiada Weissmann.

Jeżeli od tych najniższych istot przejdziemy do wyższych i zwrócimy uwagę na stosunki rozmnażania się, to zauważymy tylko tę różnicę, że podczas, gdy w ustrojach niższych w reprodukcji nowych istot bierze udział cały organizm macierzysty, w ustrojach wyższych dają początek istnienia nowym osobnikom tylko specjalne elementy, z których powstaje nowy osobnik, wytwarzający również elementy rozrodcze i dający w warunkach odpowiednich początek następnemu pokoleniu. W ten sposób stwierdzamy i dla ustrojów wyższych tę samą ciągłość życia, jaką widzieliśmy u istot niższych, ciągłość, która bez przerwy istnieje od chwili, w której się zjawilo na powierzchni kuli ziemskiej pierwsze jestestwo żyjące. Protoplazma tych jestestw najniższych, jak również protoplazma rozrodcza jestestw wyższych, niema więc w sobie zarodków śmierci i właściwie w warunkach odpowiednich dla jej istnienia i dalszego rozwoju nie umiera.

Lecz inaczej rzecz się przedstawia, jeżeli będziemy mieli na wzglę-

dzie wszystkie inne części ustroju, które, jeżeli tak się można wyrazić, są siedliskiem życia osobniczego. Tu, jak pouczają najprostsze spostrzeżenia, rozwój każdej tkanki, każdego narządu jest ograniczony: dochodzi do pewnego *maximum* i następnie stopniowo, mniej lub więcej szybko, zaczyna zanikać. Jakie są przyczyny tego zatrzymania się rozwoju i następnych zmian wstecznych, dotychczas nie wiemy. Z obserwacji nad najniższymi zwierzętami można by wywnioskować, że impuls, który wskutek zapłodnienia otrzymują rozmaite tkanki, wystarcza tylko na pewien szereg generacji; w ustrojach tych, w których rozmaite narządy powstają z pojedynczych elementów zarodkowych, może się wytwarzać tylko pewna liczba elementów pochodnych, lecz dlaczego te elementy nie pozostają w tym stanie, do którego dochodzą, tak pod względem liczby, jak i pod względem intensywności swoich funkcji, dlaczego niektóre z nich giną, w innych następuje obniżenie czynności życiowych, tego również wytłomaczyć nie umiemy. Być może, jak to już przypuszczał Klaudyusz Bernard, że przyczyna leży tu w samych własnościach procesów życiowych, które w protoplazmie się odbywają; wśród tych spraw niewątpliwie ważną rolę odgrywają sprawy osmotyczne, a w nich sole mineralne. Otóż te osmotyczne prądy zachodzące w protoplazmie komórek, sprawiają, że z czasem, w miarę życia komórki, mechanicznie zostają w niej zatrzymane pewne sole, jak na przykład wapniowe, a obecność tych soli, w miarę jak ich ilość wzrasta, utrudnia samą sprawę osmozy i w ten sposób uniemożliwia prawidłową czynność protoplazmy. Lecz to przypuszczenie musiałoby dotyczyć także plazmy rozrodczej, czemu zaprzecza fakt ciągłości, jaką przedstawiają inne jestestwa żyjące na kuli ziemskiej.

Po tych uwagach ogólnych zastanowimy się jeszcze chwilę nad samymi objawami śmierci.

W poprzednich rozdziałach wielokrotnie mieliśmy sposobność widzieć, że brak powierzchownych objawów życia, jak oddechanie, tętno, nawet niższa temperatura, nie jest jeszcze bynajmniej dowodem śmierci ustroju. Widzieliśmy, że nawet w odciętym mięśniu lub nerwie, można jeszcze przez pewien czas stwierdzić te same własności, jakie one mają w ustroju nieuszkodzonym, t. j. ich pobudliwość, względnie kurczliwość; jednakże, jeżeli taki odcięty narząd pozostawimy przez czas dłuższy, objawy czynności życiowych stopniowo się zmniejszają, a w końcu zupełnie znikają. Lecz nawet jeszcze i po zniknięciu tych objawów elementy odciętego narządu żyją jakiś czas, jeżeli bowiem na nowo odtworzymy warunki niezbędne dla jego życia, na przykład przeprowadzimy

krew tętniczą przez naczynia, to stopniowo pobudliwość może wrócić. Tylko pozostawione poza obrębem ustroju, przez czas dłuższy, dla rozmaitych narządów i zwierząt różny, elementy tkaninowe obumierają zupełnie tak, iż nawet przeniesione w warunki najodpowiedniejsze, pobudliwości nie odzyskują. Jakkolwiek więc z chwilą, gdy następuje śmierć ustroju, oddechanie, krążenie krwi i wszystkie objawy, charakteryzujące życie, znikają, to jednakże jeszcze przez jakiś czas pozostaje życie w pojedynczych elementach, życie, które nazywamy lokalnem. Trwanie tego lokalnego życia zależy od gatunku, budowy i rozmaitych innych własności każdego narządu i elementu. Z tego wynika, że musimy odróżnić śmierć ustroju, czyli śmierć somatyczną od śmierci lokalnej. Śmierć somatyczna ustroju następuje bezpośrednio po zatrzymaniu krążenia i oddechania, śmierć lokalna występuje po pewnym czasie i według zdania niektórych autorów tylko, w wyjątkowych warunkach. naprzykład skutek uderzenia pioruna, śmierć elementów występuje jednocześnie ze śmiercią somatyczną. Mogą być okoliczności, wśród których pierwotnie następuje śmierć pojedynczych narządów i tkanek; w takim razie odwrotnie śmierć ich może nie oddziaływać na życie całego ustroju; zależy to od ważności narządów dla ustroju. Jeżeli człowiek utraci naprzykład serce, płuca, rdzeń przedłużony, to śmierć lokalna tych narządów pociąga za sobą odrazu śmierć somatyczną; jeżeli zaś narządy utracone nie są niezbędne dla życia, nie mają związku z jakimś ważnym mechanizmem ustroju, życie nie zostaje zagrożone, jak naprzykład po stracie oka, nogi, ręki i t. p.

Śmierć spowodowana jakimś czynnikiem ubocznym; jak naprzykład zakażeniem lub otruciem występuje zwykle w ten sposób, że ulega naprzód śmierci lokalnej, jeżeli tak się można wyrazić, jeden z ważnych narządów dla życia, co może się odbywać stopniowo lub nagle, jak naprzykład w przypadku wady serca, obumierania płuc podczas gruźlicy, działania pewnych substancyj trujących na mózg i rdzeń.

Gdy z jakiegokolwiek powodu życie ustroju staje się niemożliwe, rozpoczyna się okres agonii, którego przebieg zależy od mnóstwa rozmaitych warunków. Przez agonią rozumiemy ten okres życia, w którym stopniowo ulegają śmierci lokalnej rozmaite narządy, stopniowo znikają funkcje życiowe, dopóki nie nastąpi śmierć lokalna jednego z takich narządów, który dla życia jest niezbędny, jak naprzykład narządu oddechania, lub krążenia.

Objawy agonii, w jakikolwiek sposób ona zostaje wywołana, są w ogólnym zarysie następujące: Twarz staje się wychudłą, wyciągniętą

i wilgotną, kości jarzmowe występują, policzki się zapadają, nos się wydłuża i zaostza, czoło pokrywa się zimnym, jakby śluzowatym potem, oczy mętnieją, powieki opadają, wargi stają się bezbarwne, usta nawpół otwarte, dziąsła suche, zęby pokrywają się ciemnym osadem. Ciało bezwładne, bez ruchów, z wyjątkiem mimowolnych skurczów pałców. kończyny zimne, temperatura całego ciała obniża się, oddechanie słabnie, śluz nagromadzający się w tchawicy sprawia, że każdy wdech i wydech są chryple, zdaleka słyszalne. Uderzenia serca są z początku przyspieszone, następnie stopniowo się zwalniają: skurcze serca są coraz mniej energiczne, puls niewyczuwalny. Czucie wszystkich zmysłów zmniejsza się albo zupełnie znika; oko otwarte nie odczuwa światła; najpóźniej znika słuch: umierający słyszy jeszcze wtedy otaczające go osoby, kiedy już nie widzi i nie czuje zapomocą innych zmysłów. Głos słabnie i staje się niewyraźnym, zaledwo słyszalnym, mowa jest utrudniona, niezrozumiała. Inteligencya, jakkolwiek jakiś czas może być zachowana, zwykle jednakże jest znacznie osłabiona, a czasem brak jej zupełnie. Wspomnienia z życia przeszłego, z lat dzieciństwa nawet, marzenia przyjemne lub przykre przebiegają przez umysł i odbijają się częścią w wyrazie twarzy. Za tą bezwładnością fizyczną idzie bezwładność psychiczna, znikają wszelkie objawy woli. Wszystkie te zjawiska coraz bardziej się potęgują, w końcu następuje ostatni wdech i ostatnie uderzenie serca i mamy przed sobą śmierć somatyczną. Lecz w pojedynczych narządach tli jeszcze życie, jeszcze mięśnie mogą się kurczyć wskutek bezpośredniego drażnienia, jeszcze można wywołać odruchy; lecz stopniowo i w rozmaitych narządach objawy pobudliwości znikają i coraz obszerniejsze pole zajmuje śmierć lokalna. Stężenie postępowe i gnicie trupa są już niewątpliwymi objawami śmierci rzeczywistej całego ustroju.



Date Due

[illegible]

PRINTED	IN U. S. A.
---------	-------------

